



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE – SANTA ANA (2.10 KM), UBICADO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE EL CRUCERO Y VILLA CARLOS FONSECA, AÑO 2018.

Para optar al Título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Jennifer de los Ángeles Castillo Guevara

Br. Martha Joseling Gaitán Gallegos

Br. María Fernanda Rodríguez Sánchez

Tutor:

Msc. Ing. Juan Carlos Mendoza

Managua, Marzo 2020

DEC-FTC-REF-No.063
Managua, Marzo 26 del 2019

Bachilleres

JENNIFER DE LOS ÁNGELES CASTILLO GUEVARA
MARTHA JOSELING GAITÁN GALLEGOS
MARÍA FERNANDA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

Su atención

Estimados (as) Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE – SANTA ANA (2.10 KM), UBICADO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE EL CRUCERO Y VILLA CARLOS FONSECA, AÑO 2018”**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) **Ing. Juan Carlos Mendoza**, sea el (la) tutor (a) de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **26 de Septiembre del 2019**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba

Decano

CC: Protocolo

Tutor – Ing. Juan Carlos Mendoza

Archivo*Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 104

Managua, 25 Septiembre del 2019

Bachilleres

**JENNIFER DE LOS ÁNGELES CASTILLO GUEVARA
MARTHA JOSELING GAITÁN GALLEGOS
MARÍA FERNANDA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ**

Presentes

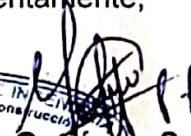
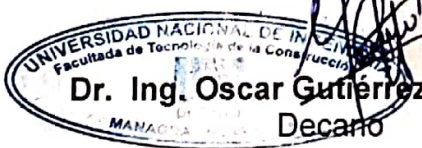
Estimados (as) Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA (DE 3 MESES)**, para efectuar la pre-defensa de su trabajo de **Monografía** titulado **"DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE – SANTA ANA (2.10 KM), UBICADO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE EL CRUCERO Y VILLA CARLOS FONSECA, AÑO 2018"**. Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluido su documento debidamente revisado por el tutor guía **el 20 Diciembre del 2019**. Para la programación de su fecha de pre-defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Tutor
Archivo-Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DEPARTAMENTO DE VIAS TRANSPORTE

Managua 23 de Marzo de 2020.

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano FTC
Su Despacho

Estimado Decano:

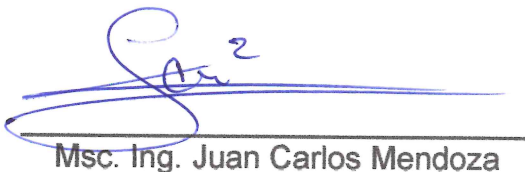
Por medio de la presente me dirijo a usted para comunicarle que en calidad de tutor de los bachilleres **JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA, MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS Y MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ**, para la elaboración del trabajo monográfico titulado: **“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE – SANTA ANA (2.10 KM), UBICADO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE EL CRUCERO Y VILLA CARLOS FONSECA, AÑO 2018”**, como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, he cumplido con lo cometido que me asignó esta decanatura.

Habiendo revisado cuidadosamente el documento final considero que el trabajo cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados y reúne los méritos necesarios para su presentación y defensa, de conformidad con el Reglamento del Régimen Académico Vigente.

Al mismo tiempo le informo que el trabajo monográfico excede las 100 páginas máximas estipuladas en las Normativas de Culminación de Estudios, CAPITULO UNICO, Arto.21, debido a que tiene seis (6) objetivos que se cumplieron satisfactoriamente, dentro de los cuales comprende: Estudio Geotécnico, Estudio de Tránsito, Diseño de Espesores de Pavimento, Revisión de Estudio Topográfico, Diseño Geométrico y Take off.

Esperando haber cumplido exitosamente con la misión encomendada, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente.



Msc. Ing. Juan Carlos Mendoza

Cc. Archivo

DEDICATORIA

A Dios:

Por estar conmigo en mi caminar, por brindarme salud, y haber puesto en mi camino personas que han sido mi soporte y compañía fundamental durante este proceso de estudio.

A mis padres:

Ana María Guevara y Ángel Javier Castillo López, por ser el pilar fundamental en mi vida, por corregirme en lo malo y apoyarme en lo bueno.

Br. Jennifer de Los Angeles Castillo Guevara

AGRADECIMIENTO

- A Dios:** Por haberme dado fuerza, paciencia y perseverancia para lograr culminar esta etapa de mi vida.
- A mis padres:** Por el apoyo incondicional que me han brindado durante todo este transcurso, por sus consejos, amor y motivación. Este logro es de ustedes.
- A la Universidad Nacional de Ingeniería:** Por todos los conocimientos brindados a lo largo de la carrera.
- A mi Tutor:** Msc. Ing. Juan Carlos Mendoza, por el apoyo durante la creación y redacción de este trabajo monográfico.
- A mi novio:** Lic. Harvy Isaac López Reyes, que desde niño me ha motivado a salir adelante y por creer en mis capacidades.
- A mi amiga:** María Fernanda Rodríguez Sánchez compañera de Monografía, por brindarme su amistad desde el primer día de clases en la Universidad. Por todo el cariño y apoyo recibido en los momentos más duros de mi vida. Por la paciencia durante este proceso, que parecía no terminar, pero que al final hemos logrado concluir con éxito.
- Al Msc. Ingeniero:** William Alexander Oporta Muntianu, por el apoyo brindado, durante la elaboración de este trabajo monográfico.

Br. Jennifer de Los Angeles Castillo Guevara

DEDICATORIA

A Dios:

Ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mis Padres:

Porque ellos siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo, guiándome y sacrificándose para hacer de mí una mejor persona. A ellos que han puesto en mí su confianza.

A mi Hermano:

Por siempre alentarme a luchar por mis anhelos, por animarme a ser perseverante, por creer en mis capacidades y por darme fuerzas para salir adelante.

A mis Amigos:

Por ser parte importante en mi vida y por estar a mi lado en las experiencias buenas y malas que día a día nos hacen crecer.

Br. Martha Joseling Gaitán Gallegos

AGRADECIMIENTO

- A Dios:** Por permitirme llegar a este momento, que me ha brindado experiencias llenas de muchas lecciones, por prestarles vida y salud a mis padres para verme dar este paso.
- A mis Padres:** Porque durante el transcurso de mi vida siempre han estado apoyándome para que logre mis metas.
- A la Universidad Nacional de Ingeniería:** Por haber compartido sus conocimientos y años de servicio en mi formación profesional.
- A mi Tutor:** Msc. Ing. Juan Carlos Mendoza, porque a través de su acompañamiento, paciencia y tiempo, nos fue posible culminar esta etapa dentro de la Universidad.
- A mi Hermano:** Que muchas veces ha sido quien me alienta a seguir adelante y deposita su confianza en mí, lo cual me recarga de fuerzas para llegar hasta el final del camino.
- Compañeras de Monografía:** Gracias a su compromiso, dedicación, paciencia y esfuerzo, ha sido posible alcanzar este sueño que inició hace varios años atrás. No me cabe duda de que son unas grandes profesionales y que con su determinación seguirán conquistando cada uno de sus propósitos.

Br. Martha Joseling Gaitán Gallegos

DEDICATORIA

A Dios:

Por darnos sabiduría y conocimientos que nos permitieran finalizar esta etapa.

A mis Padres:

Fernando A. Rodríguez Cortez y Marlene F. Sánchez Garache, por motivarme a seguir creciendo en conocimientos y valores.

A mi Abuela:

María Narcisa Garache Martínez (Q.E.P.D), que siempre se preocupó porque estudiáramos y fuéramos profesionales capacitados, que aporten al mejoramiento del desarrollo de nuestra querida Nicaragua.

Br. María Fernanda Rodríguez Sánchez

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Porque de él, he obtenido la fortaleza y perseverancia para culminar esta meta, le agradezco porque me dio sabiduría en la toma de decisiones que determinarían mi formación como persona de bien. Le agradezco porque las bendiciones que tengo en mi vida, me las ha dado, sin siquiera pedírselas.

A mis Padres:

Fernando A. Rodríguez Cortez y Marlene F. Sánchez Garache, por amarme, cuidarme, apoyarme, por sus consejos, por sus sacrificios, para que pudiera obtener uno de los mejores regalos que es adquirir conocimientos.

A mi abuela:

Baltasara Cortez Romero, por ponerme a diario en sus oraciones.

A la Universidad: Nacional de Ingeniería:

Por brindarnos las herramientas necesarias y elegir a los profesionales que fueron indispensables para nuestro aprendizaje.

A mi Tutor:

Msc. Ing. Juan Carlos Mendoza, por la paciencia para con nosotras, por las explicaciones y consejos de vida.

A mis Hermanos:

Fresneld R. Rodríguez Sánchez y Dalia M. Rodríguez Sánchez, por el amor y apoyo incondicional que me han dado.

A la Familia Castillo Guevara: Especialmente a Ana María Guevara por refugiarme en su hogar cuando más lejos de distancia estaba de mi familia, le agradezco por aun seguir apoyándome.

A mi amiga: Compañera de Monografía Jennifer de los Ángeles Castillo Guevara, por ofrecerme su apoyo desde el primer momento que la conocí. Por acompañarme en el proceso monográfico que fue difícil, extenso y cansado, pero logramos finalizarlo con éxito.

A mi amigo: Msc. Ing. William Alexander Oporta Muntianu e Ing. Omar E. Acuña Jarquín, por los conocimientos que nos compartieron para la elaboración de nuestro proyecto monográfico.

Br. María Fernanda Rodríguez Sánchez

RESUMEN EJECUTIVO

Capítulo I. Generalidades: Presenta la introducción, localización del proyecto, antecedentes, justificación y objetivos, destacando aspectos generales del estado actual del camino y la importancia en las actividades socioeconómicas de los poblados ubicados dentro y fuera del área de influencia.

Capítulo II. Estudio Geotécnico: Aborda los trabajos realizados en campo, así como los distintos ensayos realizados a las muestras extraídas del camino existente y banco de préstamo cercano al sitio, con el fin de determinar las propiedades físico mecánicas de los mismos, para su posible uso en la obra.

Capítulo III. Estudio de Tránsito: Se realizó un aforo vehicular y encuestas origen – destino, determinando el tránsito promedio diario anual, para obtener las proyecciones del tránsito (Tránsito Normal, Tránsito Atraído, Tránsito Generado) con el fin de conocer el tránsito de diseño.

Capítulo IV. Diseño de Espesores de Pavimento: Se determinaron los espesores de estructura de pavimento utilizando los resultados del Estudio Geotécnico y Estudio de Tránsito. Aplicando los procedimientos de cálculo indicados en el Método de la AASHTO – 93.

Capítulo V. Estudio Topográfico: Se revisó el Levantamiento Topográfico realizado por la empresa EDICO, S.A. Cuya información fue obtenida a través del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Capítulo VI. Diseño Geométrico: Se diseñó el alineamiento horizontal y vertical, haciendo uso del Software AutoCad Civil 3D. Aplicando las Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras y Calles (AASHTO 2011) y el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA 2011).

Capítulo VII. Take Off: Se calcularon las cantidades de cada material, en base a los volúmenes totales de movimiento de tierra y cantidades de materiales que conforman la sección transversal, generados por el Software AutoCad Civil 3D.

LIMITACIONES

En el proceso de elaboración de este documento, se presentaron las siguientes limitaciones:

- Por lejanía y falta de consentimiento de los propietarios de Bancos de préstamos, no se permitió explorar otros bancos de materiales de construcción.
- Debido al alto costo que conlleva realizar un levantamiento topográfico, únicamente se revisó el Estudio realizado por la empresa EDICO, S.A.
- No se consideraron todos los estudios que intervienen en el diseño de pavimento y geométrico de una carretera (Hidrográficos, Impacto Ambiental, Drenaje, entre otros), debido a que el documento se volvería amplio e implicaría costos adicionales que no podríamos asumir.

ÍNDICE.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. ASPECTOS GENERALES	6
1.5.1. Localización del camino	6
1.5.2. Descripción del camino	7
CAPÍTULO II. ESTUDIO GEOTÉCNICO	8
2.1. INTRODUCCIÓN	8
2.2. EXPLORACIÓN Y MUESTREOS	8
2.2.1. Métodos de Exploración de Suelos	9
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO	9
2.3.1. Análisis granulométrico de los suelos (AASHTO T88, ASTM D422)	10
2.3.2. Límites de Consistencia de los suelos (AASHTO T89/T90, ASTM D423/D424)	11
2.3.3. Classification Highway Research Board (AASHTO M145, ASTM D3282)	11
2.3.4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	12
2.3.5. Proctor Estándar y Modificado (AASHTO T99 – T180, ASTM D698-91)	13
2.3.6. Humedad Natural (ASTM D 2216)	13
2.3.7. CBR (California Bearing Ratio) (AASHTO T193/ASTM D 1883)	14
2.3.8. Desgaste Los Ángeles (AASHTO T96/ ASTM D131)	15
2.3.9. Sanidad (Intemperismo con Sulfato de Sodio) (AASHTO T104/ASTM C88)	16
2.3.10. Pesos Volumétricos (AASHTO T19/ASTM C29)	16
2.4. RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO	16
2.4.1. Sondeos de línea	16
2.4.2. Resultados de Proctor y CBR	17
2.4.3. Bancos de Materiales	19
CAPÍTULO III. ESTUDIO DE TRÁNSITO	20
3.1. INTRODUCCIÓN	20
3.2. TIPOS DE TRÁNSITO	20
3.3. TRÁNSITO PARA EL PROYECTO	21
3.4. VOLÚMENES DE TRÁNSITO	22
3.4.1. Tránsito Promedio Diario (TPD)	22

3.4.2.	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	22
3.4.3.	Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)	22
3.4.4.	Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)	23
3.5.	TRÁNSITO EN HORA PICO	23
3.6.	VELOCIDADES	23
3.7.	ESTACIONES DE CONTEO VEHICULAR	24
3.7.1.	Tipos de estaciones de conteo vehicular	24
3.7.2.	Ubicación de la estación de Conteo.	25
3.8.	ENCUESTA ORIGEN – DESTINO	26
3.9.	TRABAJO DE CAMPO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	27
3.9.1.	Distribución de Tránsito	28
3.9.2.	Máximo Volumen Horario (MVH)	29
3.9.3.	Resumen de Conteo Vehicular por periodo de 12 horas	29
3.10.	CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)	32
3.11.	PROYECCIONES DEL TRÁNSITO	38
3.11.1.	Cálculo de la Tasa de Crecimiento	38
3.11.2.	Resultados de la Proyección del Tránsito Normal	45
3.11.3.	Resultados de Proyección de Tránsito Generado	46
3.11.4.	Resultados de Proyección de Tránsito Atraído.	48
3.11.5.	Resultados de Tránsito Total	52
3.12.	TRÁNSITO DE DISEÑO	53
3.12.1.	Clasificación Funcional	53
3.12.2.	Cálculo de Tránsito de Diseño	53
CAPÍTULO IV.	DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO	55
4.1.	INTRODUCCIÓN	55
4.2.	TIPOS DE PAVIMENTOS	55
4.2.1.	Pavimento Flexible	55
4.2.2.	Pavimento Rígido.	56
4.2.3.	Pavimento Híbrido (Adoquinado)	57
4.3.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, MÉTODO AASHTO-93	57
4.3.1.	Determinación de espesores	58
4.3.2.	Variables a considerar en el diseño	59
4.3.2.1.	Variable en Función del Tiempo	59
4.3.2.2.	Variables en función del tránsito	59
4.3.2.3.	Confiabilidad (R)	63
4.3.2.4.	Área bajo la curva de distribución estandarizada (ZR) para una confiabilidad R 63	
4.3.2.5.	Desviación Estándar Global (So)	64
4.3.2.6.	Índice de Serviciabilidad (PSI)	64
4.3.2.7.	Cálculo del CBR de Diseño	65
4.3.2.8.	Módulo Resiliente de la Subrasante	67

4.3.2.9.	Número Estructural (SN)	67
CAPÍTULO V. ESTUDIO TOPOGRÁFICO		79
5.1.	INTRODUCCIÓN	79
5.2.	REVISIÓN DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO	79
CAPÍTULO VI. DISEÑO GEOMÉTRICO		87
6.1.	INTRODUCCIÓN	87
6.2.	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE VÍAS	87
6.3.	COMPONENTES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO	88
6.3.1.	Vehículo de diseño	88
6.3.2.	Tipo de terreno	88
6.3.3.	Normas de Diseño	90
6.3.4.	Tasa de Sobreelevación o Peralte	90
6.3.5.	Velocidad de Diseño o Velocidad Directriz	91
6.3.6.	Factor Máximo de Fricción Lateral	92
6.3.7.	Distancia de Visibilidad	93
6.3.7.1.	Visibilidad de parada (DVP)	93
6.3.7.2.	Visibilidad de rebase (DVR)	96
6.3.8.	Pendiente Transversal o Bombeo	97
6.3.9.	Pendiente Longitudinal Máxima	97
6.3.10.	Alineamiento Horizontal	98
6.3.10.1.	Transición de Sobre-elevación	98
6.3.10.2.	Tipos de Curvas	99
6.3.10.3.	Sobrecancho de curvas	104
6.3.10.4.	Cálculos para el Diseño del Alineamiento Horizontal	108
6.3.11.	Alineamiento Vertical	112
6.3.11.1.	Tangente Verticales	112
6.3.11.2.	Tipos de Pendientes	112
6.3.11.3.	Curvas Verticales	113
6.3.11.4.	Controles de Diseño	115
6.3.12.	Sección Transversal	121
CAPÍTULO VII. TAKE OFF		127
7.1.	INTRODUCCIÓN	127
7.2.	MOVIMIENTO DE TIERRA	127
7.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZARSE	128
7.4.	FACTORES DE DESPERDICIOS	128
7.5.	SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DEL TAKE OFF	128
7.6.	CÁLCULO DE CANTIDADES DE MATERIALES A UTILIZAR EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – TAKE OFF	129

7.6.1.	Movimiento de tierra	129
7.6.2.	Estructura de Pavimento	129
7.6.3.	Cálculo de materiales para producción de asfalto	130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		134
CONCLUSIONES		134
RECOMENDACIONES		136
BIBLIOGRAFÍA		137
ANEXOS		I
PLANOS		XLIII

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Estructura de Pavimento Flexible	56
Figura N° 2. Estructura de Pavimento Rígido	56
Figura N° 3. Estructura de Pavimento Flexible Propuesto	78
Figura N° 4. Estilo BM's ubicado en el camino.....	81
Figura N° 5. Localización de Estación Geodésica y GPS.....	82
Figura N° 6. Localización de BM's Construidos	83
Figura N° 7. Elementos de una curva circular simple	99
Figura N° 8. Elementos de la curva circular compuesta	102
Figura N° 9. Elementos de una curva espiral de transición	103
Figura N° 10. Sobreancho	105
Figura N° 11. Vista del Alineamiento Horizontal en AutoCAD CIVIL 3D.....	111
Figura N° 12. Elementos de una Curva Vertical	113
Figura N° 13. Tipos de Curvas Verticales.....	115
Figura N° 14. Vista del Alineamiento Vertical en AutoCAD CIVIL 3D	120
Figura N° 15. Sección Típica para Corte y Relleno del Proyecto	124
Figura N° 16. Vista de Sección Típica Generada en AutoCAD CIVIL 3D.....	125
Figura N° 17. Macro Localización del proyecto	I
Figura N° 18. Micro Localización del proyecto (Long. 2.10 Km)	I
Figura N° 19. Fotografía de Ensayos de suelo	IV
Figura N° 20. Perfil Estratigráfico y nivel de subrasante.....	VI
Figura N° 21. Gráficos de Ensayo Proctor y CBR	VII
Figura N° 22. Propiedades de material para Subrasante	VIII
Figura N° 23. Propiedades de material para Subbase y Base.....	VIII
Figura N° 24. Tipología y Descripción Vehicular	IX
Figura N° 25. Formato de Encuestas Vehiculares (Origen – Destino).....	X
Figura N° 26. Mínima trayectoria de giro para vehículo de diseño cabezal con remolque (WB-15)	XXIX

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curvas de Penetración CBR para Distintos Tipos de Suelos.....	15
Gráfico 2. Porcentaje del TPDA por Clasificación Vehicular, Estación de Conteo No.1	35
Gráfico 3. Porcentaje por Clasificación Vehicular, Estación de Conteo No.2	37
Gráfico 4. Tendencia Histórica TPDA EMC 200	41
Gráfico 5. Tendencia Histórica PIB.....	41
Gráfico 6. Tendencia Histórica Población.....	42
Gráfico 7. Tendencia Histórica Combustible	42
Gráfico 8. Correlación del PIB vs TPDA EMC 200	43
Gráfico 9. Correlación de Población vs TPDA EMC 200	43
Gráfico 10. Correlación de Población vs TPDA EMC 200	44
Gráfico 11. CBR de diseño para Subrasante	66
Gráfico 12. Coeficiente Estructural a partir del Módulo elástico del concreto Asfáltico.....	68
Gráfico 13. Variación en el Coeficiente estructural de la capa de base.....	69
Gráfico 14. Variación en el Coeficiente estructural de la capa de subbase	70
Gráfico 15. Cálculo SN1, Carpeta Asfáltica	74
Gráfico 16. Cálculo SN2, Base Granular	75
Gráfico 17. Cálculo SN3, Subbase Granular	76
Gráfico 18. Etapas de la maniobra para adelantamiento en carreteras de dos carriles.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ensayos de laboratorio de muestras obtenidas sobre el camino existente	9
Tabla 2. Ensayos de laboratorio de muestras obtenidas de Bancos de Materiales	10
Tabla 3. Resultados de Proctor y CBR.....	18
Tabla 4. Clasificación Cualitativa de los Suelos, según su CBR	18
Tabla 5. Resultados de Banco de Materiales	19
Tabla 6. Tipos de Velocidades	24
Tabla 7. Fechas y Períodos horarios de Levantamiento de Tránsito.....	27
Tabla 8. Registro de Conteos Volumétricos por 12 horas	28
Tabla 9. Máximos Volúmenes Horarios por 12 horas.....	29
Tabla 10. Tránsito Promedio Diurno (TPDi), Estación de Conteo N°1	30
Tabla 11. Tránsito Promedio Diurno (TPDi), Estación de Conteo N°2	31
Tabla 12. Tránsito Promedio Diario (TPD), Estación de Conteo N°1	34
Tabla 13. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), Estación de Conteo N°1	35
Tabla 14. Tránsito Promedio Diario (TPD), Estación de Conteo N°2	36

Tabla 15. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), Estación de Conteo N°2.....	37
Tabla 16. Clasificación de la vía, según periodo de diseño	38
Tabla 17. Variables a considerar para definir la Tasa de Crecimiento	39
Tabla 18. Resultado de la Correlación entre variables	44
Tabla 19. Tasas de Crecimiento afectadas por la correlación	45
Tabla 20. Proyección de Tránsito Normal	46
Tabla 21. Proyección de Tránsito Generado	48
Tabla 22. Vehículos Encuestados, Managua - El Crucero (Ambos sentidos)	49
Tabla 23. Flujo Atraído, Según Origen – Destino	49
Tabla 24. Cantidad de Vehículos Atraídos	50
Tabla 25. Proyección de Tránsito Atraído	51
Tabla 26. Tránsito Total.....	52
Tabla 27. Clasificación Funcional de las Carreteras.....	53
Tabla 28. Factor de Distribución por Dirección (Fd)	54
Tabla 29. Factor de Distribución por Carril (Fc).....	54
Tabla 30. Tránsito de Diseño por Tipología Vehicular	54
Tabla 31. Cálculo de Ejes Equivalentes ESAL´s	62
Tabla 32. Confiabilidad recomendada por la AASHTO	63
Tabla 33. Relación de confiabilidad y el valor de ZR.....	63
Tabla 34. Valores de desviación estándar global So.....	64
Tabla 35. Valores de Índice de Serviciabilidad	65
Tabla 36. CBR de Diseño. Nivel de Tránsito Valor Percentil para diseño de Subrasante.....	66
Tabla 37. Cálculo de CBR de diseño.....	66
Tabla 38. Valores recomendados para la Desviación Estándar	67
Tabla 39. Espesores Mínimos	71
Tabla 40. Resumen de Variables de diseño	72
Tabla 41. Características de los materiales.....	72
Tabla 42. Números Estructurales y Espesores de capas	78
Tabla 43. Valores propuestos recomendados de precisiones y métodos del Tipo de Levantamiento a realizar en Función de la Clasificación Funcional existente	80
Tabla 44. Coordenadas UTM Z-16 WGS84 de la Estación Base de la Red Geodésica Nacional y Georreferenciación con GPS y Estación Total.....	81
Tabla 45. Códigos de Levantamiento Topográfico	86
Tabla 46. Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales	89
Tabla 47. Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales (Resumen).....	89
Tabla 48. Factores de sobrelevación para diferentes tipos de área donde se localicen las carreteras.....	90

Tabla 49. Velocidades de diseño en Km/h, en función del TPDA y Topografía del terreno	91
Tabla 50. Radios Mínimos, en función de la Velocidad	92
Tabla 51. Distancia de Visibilidad de Parada en Caminos Planos	95
Tabla 52. Distancia de Visibilidad de Parada Horizontal y con Pendiente Vertical	95
Tabla 53. Distancia de Visibilidad de Rebase	96
Tabla 54. Bombeo Normal de la Calzada	97
Tabla 55. Pendiente Longitudinal Máxima.....	97
Tabla 56. Sobreancho en curvas de carreteras de dos carriles	106
Tabla 57. Ajuste para diseño de Sobreancho para Curvas de Carreteras	107
Tabla 58. Resumen de Curvas del Alineamiento Horizontal	110
Tabla 59. Control de Diseño para Curva Vertical en cresta, para Distancia de Visibilidad de Parada.....	116
Tabla 60. Control de Diseño para Curva Vertical en cresta, para Distancia de Visibilidad de Adelantamiento.....	116
Tabla 61. Control de Diseño para Curva Vertical Cóncava o en Columpio	118
Tabla 62. Resumen de Curvas del Alineamiento Vertical.....	119
Tabla 63. Pendientes de Talud.....	123
Tabla 64. Resumen de Criterios de Diseño	126
Tabla 65. Porcentajes de desperdicios.....	128
Tabla 66. Diseño de Mezcla Asfáltica.....	130
Tabla 67. Cantidades Totales de Obra.....	133
Tabla 68. Clasificación de Suelos y Agregados, AASHTO M145.....	II
Tabla 69. Sistema Unificado de Clasificación de Suelo SUCS.....	III
Tabla 70. Resultados de Ensayos de Laboratorio.....	V
Tabla 71. Conteo Vehicular realizado Miércoles 06/03/2019 y Jueves 07/03/2019. Estación N°1.....	XI
Tabla 72. Conteo Vehicular realizado Viernes 08/03/2019 y Sábado 09/03/2019. Estación N°1.....	XII
Tabla 73. Conteo Vehicular realizado Domingo 10/03/2019 y Lunes 11/03/2019. Estación N°1.....	XIII
Tabla 74. Conteo Vehicular realizado Martes 12/03/2019. Estación N°1	XIV
Tabla 75. Conteo Vehicular realizado Miércoles 06/03/2019 y Jueves 07/03/2019. Estación N°2.....	XV
Tabla 76. Conteo Vehicular realizado Viernes 08/03/2019 y Sábado 09/03/2019. Estación N°2.....	XVI
Tabla 77. Conteo Vehicular realizado Domingo 10/03/2019 y Lunes 11/03/2019. Estación N°2.....	XVII
Tabla 78. Conteo Vehicular realizado Martes 12/03/2019. Estación N°2	XVIII

Tabla 79. Estación de mayor cobertura, asociada al tramo.....	XIX
Tabla 80. Factores de Expansión	XIX
Tabla 81. Clasificación Funcional de la Red Vial de Nicaragua	XX
Tabla 82. Matriz de Encuesta Origen-Destino, Vehículos livianos	XXI
Tabla 83. Matriz de Encuesta Origen-Destino, Vehículos Pesados de carga ..	XXI
Tabla 84. Matriz de Porcentajes Origen-Destino, Vehículos livianos	XXII
Tabla 85. Matriz de Porcentajes Origen-Destino, Vehículos Pesados de carga	XXII
Tabla 86. Matriz de Cantidad de Vehículos livianos	XXIII
Tabla 87. Matriz de Cantidad de Vehículos Pesados de carga	XXIII
Tabla 88. Matriz de Vehículos Livianos atraídos al Proyecto	XXIV
Tabla 89. Matriz de Vehículos Pesados de carga atraídos al Proyecto.....	XXIV
Tabla 90. Cantidad de Vehículos Livianos atraídos al proyecto por tipología vehicular	XXV
Tabla 91. Cantidad de Vehículos Pesados de carga atraídos al proyecto por tipología vehicular.....	XXV
Tabla 92. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2.5$	XXV
Tabla 93. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $P_t = 2.5$	XXVI
Tabla 94. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, $P_t = 2.5$	XXVII
Tabla 95. Tipología vehicular y cargas permisibles para vehículo liviano	XXVIII
Tabla 96. Tipología vehicular y cargas permisibles para vehículo pesado ...	XXVIII
Tabla 97. Dimensiones de los Vehículos de Diseño.....	XXX
Tabla 98. Radios Mínimos de Giro de los Vehículos de Diseño	XXX
Tabla 99. Peralte requerido, a partir de la Velocidad de Diseño y Radio de Curva	XXXI
Tabla 100. Longitud de Transición (Runoff) para Curvas Horizontales	XXXII
Tabla 101. Reporte de Volúmenes de Movimiento de Tierra	XXXIII
Tabla 102. Reporte de Materiales de la Estructura de Pavimento.....	XXXVI

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tránsito promedio diario	22
Ecuación 2. Tránsito promedio diario anual	22
Ecuación 3. Tránsito promedio diario mensual.....	22
Ecuación 4. Tránsito promedio diario semanal.....	23
Ecuación 5. Tasa de crecimiento.....	40
Ecuación 6. Proyección del Tránsito Normal	45
Ecuación 7. Tránsito de diseño	53
Ecuación 8. Factor de Crecimiento.....	54
Ecuación 9. Determinación de Espesores, Guía de Diseño AASHTO 1993.	58
Ecuación 10. Cálculo ESAL.....	61
Ecuación 11. Pérdida de Serviciabilidad	65
Ecuación 12. Números Estructurales	68
Ecuación 13. Espesor de carpeta asfáltica.....	73
Ecuación 14. Número Estructural de carpeta asfáltica	73
Ecuación 15. Espesor de Base.....	73
Ecuación 16. Número Estructural de Base.....	73
Ecuación 17. Espesor de Subbase.....	73
Ecuación 18. Coeficiente de fricción lateral	93
Ecuación 19. Primer Componente de Visibilidad de parada.....	94
Ecuación 20. Segundo Componente de Visibilidad de parada	94
Ecuación 21. Distancia de Visibilidad en Pendiente Longitudinal.....	94
Ecuación 22. Longitud mínima de Transición	98
Ecuación 23. Distancia de Bombeo	99
Ecuación 24. Radio Mínimo.....	100
Ecuación 25. Grado de Curvatura	100
Ecuación 26. Tangente.....	100
Ecuación 27. Longitud de curva	101
Ecuación 28. Externa	101
Ecuación 29. Ordenada media	101
Ecuación 30. Sobreancho	104
Ecuación 31. Longitud de Curva Vertical.....	114



CAPITULO I

GENERALIDADES



CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

La Red Vial de Nicaragua, está conformada de 24,763 km, de acuerdo al inventario realizado (2018) por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), de los cuales 2,492 km (10.06%) son carreteras asfaltadas, 1,576 km (6.36%) adoquinado, 398 km (1.61%) de concreto hidráulico, 9,773 km (39.47%) corresponden a camino de todo tiempo, estación seca 7,399 km (29.88%), caminos revestidos 3,086 km (12.46%) y empedrados 39.44 km (0.16%).¹

El tramo de estudio El Boquete – Santa Ana, está ubicado en el Departamento de Managua, entre los Municipios de El Crucero y Villa Carlos Fonseca A., iniciando en el Km. 21+140 (NIC 2) entrada El Boquete y finaliza en la estación Km. 2+100.

El presente estudio se basa en dos soluciones específicas: en la realización del diseño geométrico mediante el software AutoCad Civil 3D, considerando el “Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales”, (SIECA 2011) y el diseño de espesores de pavimento por el Método de la AASHTO – 93 (1993), basándose en los resultados de los análisis de suelos y tránsito. Dentro del estudio de tránsito se realizan los conteos vehiculares, encuestas de origen – destino; y dentro del estudio de suelo se abarcan los sondeos exploratorios en los cuales se tomarán muestras alteradas representativas que serán ensayadas en laboratorios, de acuerdo a las normas AASHTO y/o ASTM para la determinación de las propiedades físico-mecánicas.

Dentro del diseño de pavimento se realizará el dimensionamiento de la estructura, la cual incluye las diferentes características de los materiales a emplear en las capas de pavimentos y se definirá los espesores necesarios, de tal forma que la superficie de rodamiento mantenga un índice de servicio aceptable, durante la vida de servicio estimada.

¹ Fuente: Red Vial de Nicaragua 2018, pag.36.

1.2. ANTECEDENTES

El gobierno a través del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), emprendió en el año 2007, un programa para el mejoramiento de carreteras intermunicipales, avenidas y calles en ciudades, para beneficiar precisamente el movimiento de cosechas de los productores de la zona, a favor del desarrollo económico y social del país.

El área de influencia del proyecto comprende las comunidades que se encuentran a lo largo del tramo en estudio (12.06 km). Los municipios, comunidades, comarcas, barrios, identificados en el área de influencia del proyecto son directamente afectados por cualquier intervención de la Red Vial de la zona y están constituidos por pequeños grupos de poblaciones rurales que utilizan la red ya sea para transportarse, para satisfacer necesidades básicas, comercio y recreación.

En lo que corresponde a las vías de acceso a las Comarcas, en su mayoría son caminos accesibles durante la estación seca, exceptuando las comunidades localizadas sobre la Carretera Panamericana o sobre la Carretera a Pochomil, así como la comunidad de los Chocoyos y Casa de Tejas, las cuales cuentan con calles asfaltadas.

En el tramo de 2.10 km, no existe capa superficial para rodamiento sino más bien materiales naturales del sitio, el terreno cuenta con pendientes bajas, se puede apreciar hondonadas en ambos lados del camino. El sistema de drenaje pluvial es parcial, mayormente superficial, donde las evacuaciones se producen por escurrimiento natural de las aguas de lluvias aprovechando la topografía del terreno. El tramo cuenta con los servicios de agua potable y energía eléctrica, así como de señal telefónica.

La población de la zona de influencia está conformada por 61 comunidades y/o comarcas entre ellas Comarca El Berlín, Comarca El Crucero, Las Nubes, Cedro Galán; el total de población beneficiada es de 40,507 habitantes, siendo 24,226 hombres y 24,981 mujeres. Del transporte en la zona de El Crucero, el 41.4% de las personas usa transporte colectivo (bus), 24.0% usa Moto taxi, y el 18.0% se traslada a pie, el resto de se traslada en motocicleta, microbús, carro propio y bicicleta. En Villa Carlos Fonseca A. el 60% se traslada en bus, el 26% a pie y 13.3% se traslada en moto taxi. ²

² Datos obtenidos del Informe Socioeconómico: Mejoramiento del Camino El Boquete – Santa Ana (12.06km), año 2015, facilitado por el MTI, realizado por la Empresa EDICO, S.A.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los proyectos de carretera en Nicaragua han mejorado significativamente la calidad de vida de los habitantes. Actualmente las carreteras presentan mayor afluencia de vehículos, lo que demanda mejores condiciones de transporte y nuevas vías alternas para descongestionamiento en las vías principales.

Este trabajo monográfico nace del problema existente en el Tramo: El Boquete – Santa Ana, la construcción de la carretera contribuirá al descongestionamiento vial en Managua, ya que el transporte pesado que entra actualmente por la carretera sur de Nejapa pasaría directamente al Municipio de El Crucero, propiciando un tráfico más ágil y seguro.

Con la realización de este proyecto, se reducirán los costos de transporte para los movimientos locales de las personas y productos, facilitando el intercambio comercial y el acceso a los centros de desarrollo social, educación y de salud pública; además de promover la implementación de la Infraestructura vial de apoyo a la producción.

Actualmente el camino El Boquete-Santa Ana tiene una baja demanda de tránsito, su potencial de uso es elevado, debido a que sería un corredor natural para los camiones de carga internacional que viene de Guasaule rumbo a Peñas Blancas, ya que enlaza la Carretera Panamericana, también funcionaría como un corredor para el tránsito turístico desde y hacia las playas y zonas turísticas de Carazo, Rivas y departamentos de Occidente de Nicaragua.

El tramo de camino El Boquete-Santa Ana, está en una zona altamente productiva de café y granos básicos (maíz, sorgo entre otras variedades agropecuarias), destacándose el café, cuyas áreas de cultivos se extienden sobre los márgenes en todo el trazo del camino existente.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Diseñar Geométrica y estructuralmente con pavimento Flexible el camino El Boquete – Santa Ana (2.10 km), ubicado entre los Municipios de El Crucero y Villa Carlos Fonseca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Efectuar estudio de suelo y bancos de materiales, para la debida identificación en el laboratorio de las características físico-mecánicas de los mismos, según los procedimientos de análisis establecidos en la norma AASHTO para ensayos de suelo.
- Analizar los volúmenes de tránsito actual, para la obtención del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y el tránsito de diseño, a través de conteos vehiculares y encuestas origen – destino.
- Diseñar la estructura de pavimento flexible, haciendo uso de los procedimientos de cálculo descritos en el Método de la AASHTO – 93.
- Analizar el levantamiento topográfico, realizado por la Empresa EDICO, S.A., haciendo uso del Manual para la Revisión de Estudios Topográficos.
- Elaborar el diseño geométrico de la vía por medio del Software CIVIL 3D y haciendo uso de las Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras y Calles (AASHTO 2011) y el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA 2011).
- Realizar take off del proyecto “El Boquete – Santa Ana”, para la obtención de las cantidades de materiales necesarios de la estructura de pavimento diseñada.

1.5. ASPECTOS GENERALES

1.5.1. Localización del camino

El tramo en estudio; El Boquete – Santa Ana, con una longitud total de 12.06 Km, de los cuales, se estudiarán los primeros 2.10 Km, se localiza en el Departamento de Managua, entre los municipios de El Crucero y Villa Carlos Fonseca A., comprendiendo territorios de ambos municipios tales como: zonas rurales, barrios y asentamientos.

De acuerdo al inventario vial emitido por la DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN VIAL del MTI, está clasificada como Camino Estratégico Vecinal de un carril, el cual conecta dos vías principales de la red vial del país: NIC-2, El segmento de camino inicia en el Km. **21+140** de la carretera sur (Managua – El Crucero) en el sector llamado “El Boquete” y finaliza en la NIC-12, Km. **17+000** de la Carretera Vieja a León (Nejapa – Izapa), conocido como “Santa Ana”. (Ver Anexos Figura N° 17 y Figura N° 18, Anexo pág. I).

El tramo en estudio forma parte de la Carretera Panamericana Sur, siendo de vital importancia para acceder a las fronteras sur, occidente y norte del país. Está localizado entre las coordenadas Geográficas siguientes:

	Latitud Norte	Longitud Oeste
Inicio	12°00'26"	86°19'16"

1.5.2. Descripción del camino

Actualmente el camino El Boquete – Santa Ana, se encuentra en un estado muy crítico. Está clasificado como Camino Estratégico Vecinal de un carril, su superficie de rodamiento es de grava (material no selecto) y se ajusta a la topografía del terreno (montañoso), con una sección transversal promedio de 5.0m (mínimo 3m), que se mantiene a lo largo del camino, con un angosto derecho de vía que varía entre 9 y 12.50 m o más en algunos tramos, al existir a ambos lados hondonadas (barrancos).

Atraviesa las Sierras de Managua (Cordillera del Pacífico) bajando hacia la Planicie del Pacífico, con una pendiente longitudinal máxima descendente del 10%. El relieve que presenta es ondulado, con una moderada sinuosidad. Se clasifica como camino de Estación Seca, lo cual hace que la circulación del tráfico quede interrumpida en la estación de lluvia.

Actualmente presenta problemas para la evacuación de las aguas debido a la falta de drenaje longitudinal y transversal, pérdida de material y cárcavas. Esto reduce notablemente su capacidad y nivel de servicio. Existe una única alcantarilla de concreto (Est. 11+974) y cunetas de concreto aproximadamente a la mitad del camino, de unos 300 m de longitud. La existencia de esta obra obedece a la tributación de la cuenca que abarca el talud izquierdo de la ladera y a la pendiente longitudinal en este sector. Exceptuando estas obras señaladas, el resto de la longitud del camino carece de un adecuado sistema de drenaje, que se refleja en la formación de cárcavas provocado por el escurrimiento superficial de las corrientes sobre la capa de rodamiento.



CAPITULO II

ESTUDIO GEOTÉCNICO



CAPÍTULO II. ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El estudio geotécnico consiste en investigar el subsuelo a lo largo del trazado de la vía y en las áreas de fuentes de materiales, con el objetivo de obtener información geotécnica del terreno, mediante muestras de suelo tomadas en el área de estudio, a las que se le realizan en el laboratorio ensayos básicos necesarios para conocer las propiedades físico-mecánicas del subsuelo donde se pretende cimentar la obra, siguiendo procedimientos técnicos de las normas AASHTO y/o ASTM.

Es de suma importancia evaluar las condiciones en las que se encuentra el terreno antes de diseñar. Con este estudio se obtendrán las características para la determinación del Módulo Resiliente de la subrasante.

Para llevar a cabo el Estudio Geotécnico del Camino El Boquete-Santa Ana, se realizó Sondeos Manuales, el cual consistió en una excavación de pequeña sección en planta a una profundidad máxima de 1.5 metros, teniendo en cuenta que la carpeta de rodamiento propuesta es mezcla asfáltica, el Manual para la revisión de estudios geotécnicos (pag.7), recomienda una separación mínima entre sondeos de 100 m sobre el camino existente.

2.2. EXPLORACIÓN Y MUESTREOS

El objetivo de la exploración y el muestreo de un suelo es la de obtener muestras representativas, para realizar pruebas de laboratorio necesarias. Mediante las cuales se determinen las propiedades físicas y mecánicas de dicho suelo en estudio según la necesidad del proyecto, ubicando así la naturaleza del problema, lo que nos permite con más facilidad plantear las mejores soluciones posibles.

2.2.1. Métodos de Exploración de Suelos

Existen varios tipos de sondeos para la obtención de muestras. En este estudio únicamente se implementarán los sondeos siguientes:

A. Sondeos Manuales: Este tipo de exploración se realiza comúnmente en obras horizontales realizándose excavaciones de pequeña sección en planta y generalmente a una profundidad máxima de 1.5 metros. La separación mínima entre sondeo será de 100 m sobre el camino existente³.

B. Pozo a cielo abierto: Esta excavación tendrá una dimensión de 1.5X1.5X3.0 metros de profundidad, se realizan para conocer la estratigrafía del subsuelo en los bancos de materiales.

2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas de los sondeos de línea y Bancos de Materiales fueron analizadas a través de ensayos de laboratorio, los cuales se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 1. Ensayos de laboratorio de muestras obtenidas sobre el camino existente

Nº	Tipo de ensaye	Ensayo o Norma ASTM o AASHTO
1	Análisis Granulométrico	ASTM D-422 o AASHTO T-88
2	Límite Líquido	ASTM D-423 o AASHTO T-89
3	Límite Plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 o AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 o AASHTO T-145
5	Humedad Natural	ASTM D-2216
6	Proctor Estándar	ASTM D-698 o AASHTO T-99
7	CBR	ASTM D-1883 o AASHTO T-193

Fuente: Manual para la revisión de estudios geotécnicos (MTI) 2008. Pag.8, y NIC-2000.

³ Fuente: Manual para la revisión de estudios geotécnicos del MTI, pag.7.

Tabla 2. Ensayos de laboratorio de muestras obtenidas de Bancos de Materiales

Nº	Tipo de ensaye	Ensayo o Norma ASTM o AASHTO
1	Análisis Granulométrico	ASTM D-422 o AASHTO T-88
2	Límite Líquido	ASTM D-423 o AASHTO T-89
3	Límite Plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 o AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 o AASHTO M-145
5	Humedad Natural	ASTM D-2216
6	Proctor Modificado	ASTM D-1557 o AASHTO T-180
7	CBR	ASTM D-1883 o AASHTO T-193
8	Desgaste Los Ángeles	ASTM D-131 o AASHTO T-96
9	Intemperismo Acelerado	ASTM C-88 o AASHTO T-104
10	Pesos Volumétricos	ASTM C-29 o AASHTO T-19

Fuente: Manual para la revisión de estudios geotécnicos (MTI) 2008. Pag.9, y NIC-2000.

2.3.1. Análisis granulométrico de los suelos (AASHTO T88, ASTM D422)

El análisis granulométrico es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo.

El procedimiento técnico consiste en tomar una muestra representativa del suelo y hacerla pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes (3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No.4, No.10, No.40, No.200), los retenidos en cada malla se pesan y el % que representan respecto al peso de la muestra total se suma a los % retenidos en todas las mallas de mayor tamaño. Las mallas de aberturas menores como el tamiz No.200, requieren de un procedimiento de lavado para ayudar al paso de la muestra.

De los cálculos obtenidos se realizó una gráfica granulométrica, donde en el eje de las ordenadas estarán los porcentajes y en el eje de las abscisas los tamaños de las partículas. La representación será en escala semilogarítmica (eje de abscisas en escala logarítmica).

La curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del suelo, ya sea un suelo constituido por partículas de un solo tamaño o de variedad en tamaños (suelos bien graduados).

2.3.2. Límites de Consistencia de los suelos (AASHTO T89/T90, ASTM D423/D424)

La consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura. Para la determinación de los límites de consistencia se hizo uso de los Límites de Atterberg, el cual corresponde al contenido de humedad con que una muestra de suelo cambia de una consistencia a otra.

Límite Líquido (AASHTO T89): Porcentaje de contenido de humedad con que un suelo cambia al disminuir su humedad, de la consistencia líquida a la plástica, o, al aumentar su humedad de la consistencia plástica a la líquida.

Límite Plástico (AASHTO T90): Porcentaje de contenido de humedad con que un suelo cambia al disminuir su humedad de la consistencia plástica a la semisólida, o, al aumentar su humedad de la consistencia semisólida a la plástica.

Índice Plástico: Es la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico, e indica el tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad con el cual el suelo se mantiene plástico.

La muestra para la realización de estos dos límites es la que resulta del material cribado por la malla No.40.

2.3.3. Classification Highway Research Board (AASHTO M145, ASTM D3282)

La clasificación de los suelos utilizados para caminos y carreteras es la Highway Research Board (HRB) o Sistema AASHTO (American Association of State Highway Officials).

La clasificación se realiza basada en el tamaño del grano y en la plasticidad, de acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están

clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en una total de 12 subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8. (Ver Tabla 68, Anexo pág. II)

Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son suelos gruesos granulares con un 35% o menos pasante de la malla 200, y los que presentan una cantidad superior en pasante malla 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, estos son suelos finos o materiales limosos y arcillosos.

La clasificación es basada en los siguientes criterios:

- a) Tamaño de grano: Se distinguen tres tamaños principales: grava, arena y finos (limo y arcilla). Los bloques de roca (tamaño superior a los 75mm) encontrados dentro de la muestra de suelo, se excluyen de la porción de análisis para la clasificación, pero se registra la cantidad presente.
- b) Plasticidad: El término limo es aplicado a aquellas fracciones finas donde el índice de plasticidad es inferior o igual a 10, el término arcilloso a las fracciones con plasticidad superior o igual a 11.
- c) Índice de Grupo: (IG) Para evaluar la calidad de un suelo desde el punto de vista de vías, se desarrolló una expresión matemática conocida como Índice de Grupo. Este índice es escrito entre paréntesis luego de la designación de grupo o subgrupo.

2.3.4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El sistema de clasificación SUCS permite la identificación de los suelos en el terreno, los agrupa de acuerdo a su comportamiento como material para construcción en función de sus propiedades de granulometría y plasticidad. En caso de carretera, nos servirá solamente para detallar aún más, la clasificación de los suelos de cada estrato. (Ver Tabla 69, Anexo pág. III)

- **Suelos gruesos**

Son aquellos suelos que más del 50% de las partículas son retenidas en el tamiz N° 200. Un suelo grueso será grava, si la mayor parte de la fracción gruesa queda retenida en el tamiz N° 4 y se considera como arena en el caso contrario.

- **Suelos finos**

Son aquellos suelos que más del 50% de las partículas pasan el tamiz N° 200. Para distinguir si la fracción fina es de carácter limoso o arcilloso, se emplea carta de plasticidad de casa grande.

2.3.5. Proctor Estándar y Modificado (AASHTO T99 – T180, ASTM D698-91)

El ensaye Proctor Estándar y Modificado, se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad. La diferencia entre un proctor estándar con un modificado, varía en la energía de compactación y número de capas en que se compacta el material.

2.3.6. Humedad Natural (ASTM D 2216)

El contenido de humedad es la relación del peso del agua y el peso seco, de un suelo, la humedad natural de un suelo permite estimar su posible comportamiento como subrasante, ya que si dicho contenido de humedad esta próximo al Límite Líquido es casi seguro que se está tratando con un suelo muy sensitivo, que perderá buena parte de su resistencia original al ser alterado por el equipo de movimiento de tierra; por el contrario si el contenido de humedad es cercano al Límite Plástico en la época más húmeda del año, puede anticiparse que el suelo presentará un buen comportamiento.

2.3.7. CBR (California Bearing Ratio) (AASHTO T193/ASTM D 1883)

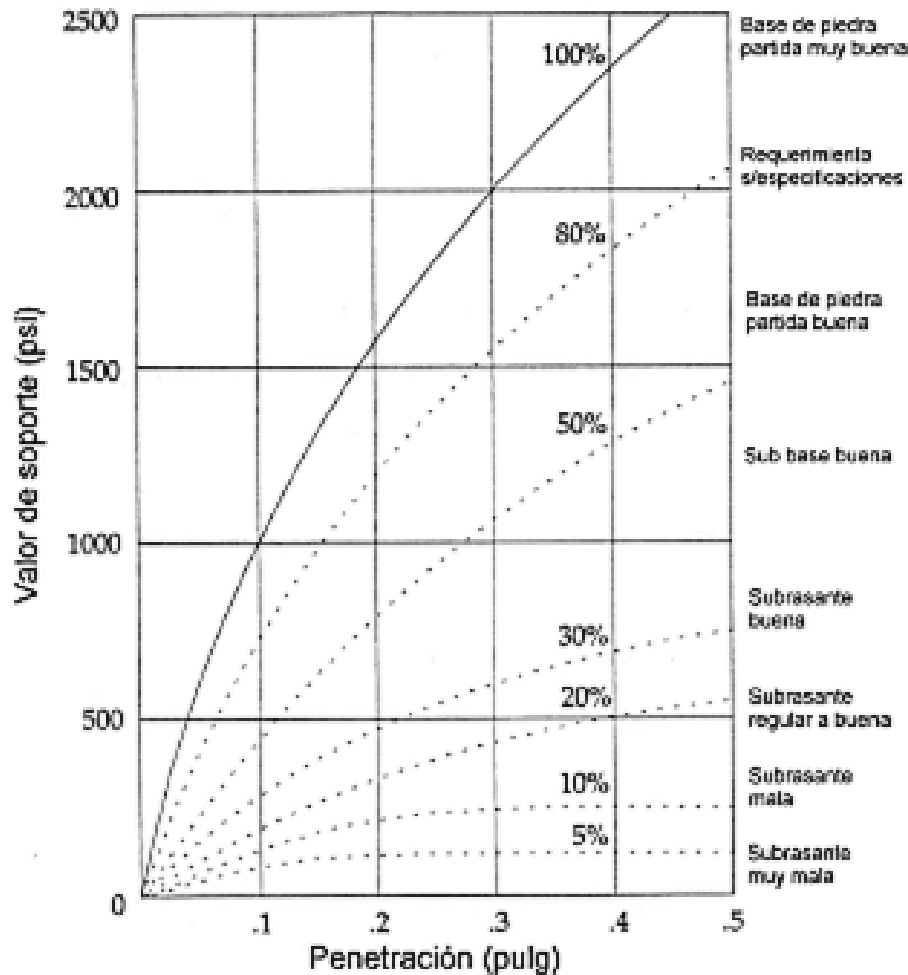
El ensaye de resistencia más utilizado en nuestro medio es el CBR (Relación California de Soporte) AASHTO T-193 (ASTM D-1883), para caracterizar el valor soporte de los suelos como material de fundación de carreteras o para ser utilizados como material de subbase o base de carpeta de rodamiento.

El CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas y se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra patrón (piedra partida).

El valor de C.B.R de la subrasante es el más importante de definir, dado que a través de este se obtendrá el valor del MR (Módulo Resiliente) a ser utilizado en el diseño.

En el Gráfico 1, pág.15, se muestran curvas de penetración para diferentes tipos de suelos, además el uso conforme al valor generado del CBR, como por ejemplo para los valores de CBR que radican entre el 5 al 10% se consideran de muy mala a mala calidad respectivamente, para ser consideradas como subrasantes.

Gráfico 1. Curvas de Penetración CBR para Distintos Tipos de Suelos



Fuente: Diseño de pavimento AASHTO 93, Versión Editada y Traducida al español por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 1998. Pag.64.

2.3.8. Desgaste Los Ángeles (AASHTO T96/ ASTM D131)

Es la resistencia que ofrece el agregado a la acción del roce y al desgaste diario (estimación del porcentaje de resistencia a la degradación del agregado grueso, por abrasión e impacto). Para determinar la propiedad de DUREZA se emplea el ensayo de resistencia al desgaste en la máquina de los Ángeles, ensayo que tiene en cuenta la gradación y tamaño del material, por lo que es necesario hacer una granulometría previa con el fin de determinar la gradación del ensayo que mejor represente al agregado.

2.3.9. Sanidad (Intemperismo con Sulfato de Sodio) (AASHTO T104/ASTM C88)

Determinación de la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos y condiciones climatológicas de las obras.

2.3.10. Pesos Volumétricos (AASHTO T19/ASTM C29)

El peso unitario de un agregado (árido) es la relación entre el peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios íter granulares.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será: Peso Unitario Seco Suelto (PVSS) y Peso Unitario Seco Compacto (PVSC). Ambos sirven para establecer relaciones entre volúmenes y pesos de estos materiales. También los Pesos Unitarios nos sirven para determinar el porcentaje de huecos existente en el árido.

2.4. RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.4.1. Sondeos de línea

Se efectuaron un total de 22 sondeos de línea a lo largo del camino existente, con una distancia de separación de 100 m de longitud entre sondeos, los cuales se fueron alternando en banda derecha – centro – banda izquierda, alcanzando una profundidad máxima de 1.50 m, obteniendo 31 muestras de materiales, que fueron descritos por el tacto y vista al momento de su extracción en campo. No se encontró nivel freático a la profundidad explorada.

Las muestras debidamente identificadas, se trasladaron al Laboratorio de Suelos para la determinación de sus propiedades físico – mecánicas, a través de los ensayos correspondientes indicados en la Tabla 1, pág. 9, las cuales permiten

definir el perfil estratigráfico del material existente en el tramo de estudio. (Ver resumen de resultado en Tabla 70, Anexo pág. V)

Mediante el Perfil Estratigráfico se identifican que los materiales se presentan en su mayoría en una capa. Los cuales se pueden clasificar de acuerdo a la SUCS, como: Arena limosa con grava y Limo alta plasticidad con grava, según el sistema de la AASHTO como: A-2-4 (0) y menor cantidad A-1-b (0), A-2-5(0), A-4 (0) y A-5 (0). No poseen plasticidad y el promedio de las seis muestras con plasticidad, alcanzan un Límite Líquido (LL) de 50%, Límite Plástico (LP) de 44% e Índice Plástico (IP) de 6% (Ver perfil en Figura N° 20, Anexo pág. VI). En el laboratorio se juntaron las muestras extraídas para la realización del CBR según su clasificación, reduciéndose las 31 muestras en un total de 8 grupos.

Se realizaron cuatro CBR por kilómetro, de acuerdo a lo indicado en los Pliego Base y Condiciones (PBC), emitidos por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), en los actuales proyectos de carreteras.

2.4.2. Resultados de Proctor y CBR

Se realizaron ensayos de Densidad Máxima y Humedad óptima (Proctor estándar) y CBR, con las muestras extraídas de los sondeos de línea, las cuales, fueron agrupadas de acuerdo a su clasificación según AASHTO M145 y sus características físicas (color, textura, tamaño de partículas de suelo, etc.).

Los resultados se resumen en la Tabla 3, pág. 18.

Tabla 3. Resultados de Proctor y CBR

	MUESTRAS POR GRUPOS	Clasificación	NORMA: AASHTO T-99		NORMA: AASHTO T 193		
			Dsm _{max}	Humedad Óptima	Grado de Compactación		
		NORMA:			90.00	95.00	100.00
		AASHTO M 145	kg/m ³	(%)	(%)	(%)	(%)
KM 1	S2,3 M1,1	A-1-b (0)	1,573	12.7	27.76	36.75	50.29
	S8,9 M1,1	A-1-b (0)	1,598	13.8	33.41	40.36	52.77
	S1,1,1,3,4,5 M1,2,3,2,1,1	A-2-4 (0)	1,541	22.4	24.60	28.41	37.89
	S6,7,8,9,10 M1,1,2,2,1	A-2-4 (0)	1,795	12.7	23.70	32.24	37.21
KM 2	S20,22 M2,1	A-1-b (0)	1,632	13.4	36.12	39.45	50.47
	S12,13,14,15,16 M1,1,1,1,1	A-2-4 (0)	1,609	18.3	25.51	29.99	39.46
	S17,18,18,19,20,21 M1,1,3,1,1,2	A-2-4 (0)	1,617	18.4	22,57	27.05	35.05
	S11,18,21 M1,2,1	A-5 (0-12)	1,452	23.2	7.38	11.75	14.79

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo, a los resultados obtenidos, el suelo posee una capacidad soporte Buena en la mayoría de sus capas, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4. Donde se obtuvieron promedios de CBR al 95% de compactación, para la Clasificación A-1-b (0) de 38.85%, para los A-2-4(0) de 29.42% y para el A-5(12) un CBR de 11.75%, este último tiene una capacidad soporte Regular. (Ver Figura N° 21, Anexo pág. VII)

Tabla 4. Clasificación Cualitativa de los Suelos, según su CBR

C.B.R.	Clasificación General	Usos
0 – 3	Muy Pobre	Sub rasante
3 – 7	Pobre a Regular	Sub rasante
7 – 20	Regular	Sub Base
20 – 50	Bueno	Sub Base y Base
>50	Excelente	Base

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO 93.

Las características físico-mecánicas del material existente encontrado en el camino podrá ser utilizado para la conformación de la **subrasante**, superando el CBR mínimo de 15% solicitado en la NIC 2019. (Ver Figura N° 22, Anexo pág. VIII).

2.4.3. Bancos de Materiales

Se identificó un Banco de Material llamado “Sr. Juan Ramón Molina”, cuyas coordenadas UTM WGS84 son: N 1, 333,746 m – E 563,083 m. El Banco de préstamo tienen las siguientes características geotécnicas:

Tabla 5. Resultados de Banco de Materiales

Banco	Propietario	Clasificación AASHTO M-145	Límites de Consistencia ASSTHO T-89/T-90			Proctor Modificado AASHTO T-180	Humedad Natural ASTM D-2216	CBR		
			LL	LP	IP			90%	95%	100%
Nº 1	Sr. Juan Ramón Molina	A-1-b (0)	N.P	N.P	N.P	1,592	21.3	40	60	82

Fuente: Elaboración Propia.

El material de banco analizado cumple con las especificaciones indicadas en la NIC 2019, para ser utilizado en la conformación de la **subrasante y capa subbase**. Superando el CBR mínimo de 15% para subrasante y 30% para subbase. (Ver Figura N° 22 y Figura N° 23, Anexo pág. VIII).



CAPITULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO



CAPÍTULO III. ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de tránsito constituye uno de los elementos fundamentales que se deben de considerar para el diseño de pavimento, ya que a través de los datos que se recopilan de las diferentes etapas de análisis que este estudio comprende, se obtienen los números de vehículos que en la actualidad transitan por el tramo de interés para un proyecto. Asimismo, estos datos permitirán calcular la estimación de carga a la que va a estar sometida la carretera en el futuro. (Ver Figura N° 24, Anexo pág. IX)

Parte de la información relevante para determinar las cargas que estarán actuando sobre la carretera, se obtienen mediante la tasa vehicular por tipo de vehículo, y para ello se consideran tanto las condiciones poblacionales como las económicas de la zona de influencia de la carretera.

El estudio de tránsito vehicular tiene como finalidad cuantificar, clasificar y obtener el volumen diario de los vehículos que transitan en el tramo de una carretera; así mismo a través de los resultados del estudio contar con los elementos necesarios para la determinación de las características del diseño de la estructura de pavimento.

3.2. TIPOS DE TRÁNSITO

- a) Tránsito Actual (T_a): Es la composición de una cantidad de vehículos que durante una unidad de tiempo viajan en ambas direcciones, en una determinada carretera o entre un origen y un destino.
- b) Tránsito Futuro (T_f): El tránsito futuro se compone del valor proyectado del tránsito a partir del año en que se espera sea concluida la ejecución del proyecto. Se divide en:
 - Tránsito Normal (T_n): Es el tránsito que se produce en la vía independiente de las condiciones existentes de geometría y estructurales. Este crecerá

con una dinámica independiente de los proyectos que se puedan ejecutar complementariamente al mejoramiento del camino.

- Tránsito Atraído (T_t): Se refiere al incremento productivo, consecuencia del impacto del Proyecto.
- Tránsito Generado (T_g): Se cuantificará a partir de los ahorros de los costos de operación vehicular de cada tipo de vehículo que transita por el camino en estudio.

3.3. TRÁNSITO PARA EL PROYECTO

El tránsito total (TT) que se espera de la ejecución de un proyecto se compone de:

- a) De los tránsitos actual, normal, atraído y generado, en el caso de proyectos de mejoramiento. $TT = T_a + T_n + T_t + T_g$
- b) De los tránsitos: normal, atraído y generado, en el caso de proyectos de nuevas carreteras. $TT = T_n + T_t + T_g$

Donde:

TT: Tránsito total

T_a : Tránsito actual

T_n : Tránsito normal

T_t : Tránsito atraído

T_g : Tránsito generado

Los estudios de la demanda de transporte tienen la importancia de representar el soporte para tomar decisiones sobre los siguientes aspectos específicos a la hora de realizar un proyecto:

- a) Necesidades según la capacidad del Proyecto.
- b) Especificaciones del diseño geométrico y estructural de la vía en horizontes de 10, 15 y 20 años.
- c) Ocurrencia de accidentes, señalización horizontal y vertical.
- d) Elaboración de los estudios socioeconómicos y ambientales con tratamiento de diferentes alternativas.

3.4. VOLÚMENES DE TRÁNSITO

3.4.1. Tránsito Promedio Diario (TPD)

Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor de un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. Este se mide en vehículos por día.

$$TPD = \frac{\text{Volumen total en } n \text{ días}}{n \text{ días}}$$

Ecuación 1. Tránsito promedio diario

3.4.2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Es el número total de vehículos que pasan durante un año, dividido entre el número de días del año.

$$TPDA = \frac{\text{Tránsito Anual}}{365}$$

Ecuación 2. Tránsito promedio diario anual

El cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA), se calcula utilizando los datos del aforo vehicular multiplicados por los factores de ajustes, que dependerán de la conversión deseada y el tipo de aforo realizado. Para la obtención de los valores de estos factores, es necesario acudir a la información que presenta las estaciones permanentes y de mayor cobertura.

3.4.3. Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)

Es el número total de vehículos que pasan durante un mes, dividido entre el número de día del mes.

$$TPDM = \frac{\text{Tránsito mensual}}{\text{Nº días del mes}}$$

Ecuación 3. Tránsito promedio diario mensual

3.4.4. Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)

Número total de vehículos que pasan durante una semana, divididos entre el número total de días de la semana.

$$TPDS = \frac{\text{Tránsito semanal}}{7}$$

Ecuación 4. Tránsito promedio diario semanal

3.5. TRÁNSITO EN HORA PICO

El tránsito de la hora pico, recoge la necesidad de referir el diseño no a la hora máxima que se registra en un año ni a la hora promedio, sino a una hora intermedia que admita cierto grado de tolerancia a la ocurrencia de demandas por áreas extremas, que podrían quedar insatisfechas o con menores niveles de comodidad para la conducción. Por lo tanto, se registra el movimiento vehicular a lo largo de las 24 horas del día, para seleccionar las horas de máxima demanda, como base más apropiada para el diseño geométrico de las carreteras.

3.6. VELOCIDADES

Uno de los factores fundamentales que se aplican para la normalización de operación de una carretera son las velocidades, ya que la utilidad y el buen funcionamiento de la carretera se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en él.

Existen cuatro tipos de velocidades de las cuales se toman en cuenta para el diseño de una carretera:

Tabla 6. Tipos de Velocidades

Velocidad de diseño:	Es la máxima velocidad sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de un camino y que gobierna las características del mismo. Está influenciada por la topografía de la región, por el tipo de camino, por los volúmenes de tránsito y por el uso de la tierra.
Velocidad de operación:	Es la velocidad máxima mantenida en un tramo a lo largo del camino, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad.
Velocidad de punto:	Velocidad del vehículo cuando pasa por un punto determinado de un camino. Mediante este estudio se calcula o estima el valor de la velocidad de todos los vehículos que circulan por un lugar determinado.
Velocidad Efectiva Global:	Es el promedio de la velocidad mantenida por un vehículo a lo largo de un camino. Se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo empleado, incluyendo altos y retrasos debido a las condiciones prevalecientes del camino.

Fuente: Ing. Karen Molina Valles, Ing. Verania Cerda González, Metodología para diseño de proyectos viales, pág. 30-31.

3.7. ESTACIONES DE CONTEO VEHICULAR

3.7.1. Tipos de estaciones de conteo vehicular

a) Estación de mayor cobertura

Son las estaciones de conteos continuos los 365 días al año con conteos clasificados de 24 horas por día, pero debido al alto costo que repercute en la ejecución de estos aforos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), no está en la capacidad de realizarlos los 365 días del año, por ende, es dividido el período en tres cuatrimestres, realizando conteos durante tres tiempos por siete días consecutivos cada uno por 24 horas, logrando obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) que es el promedio de los períodos.

b) Estaciones de corta duración

Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales para establecer unas leyes que puedan aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines. En Nicaragua estas estaciones se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tránsito es menor que en una estación permanente. Sin embargo, su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones Sumarias. Estos datos correlacionados con lo de las estaciones permanente permiten hacer relaciones para proyecciones de tránsito.

c) Estación de conteo sumaria

En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 a.m. a 6 p.m.) en períodos de tres días (Martes-Miércoles-Jueves) generalmente en todo el transcurso del año y se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno, ya que la intensidad del tránsito es similar a la media. A estas estaciones se les realizan aforos en caminos que no han sido pavimentados, pero que tienen una afluencia vehicular moderada.

3.7.2. Ubicación de la estación de Conteo.

Para la ubicación de las estaciones de conteo vehicular con fines de estudio de tránsito, se evaluará la red vial en estudio teniendo en cuenta que la estación de conteo debe ubicarse al principio y al final de las secciones o tramos en estudio, que represente flujos vehiculares continuos, en lo posible que tenga menor flujo vehicular adicional de incremento o de salida, por ello se planificará previamente al estudio de tránsito formación de redes con nodos, donde se ubicará las estaciones de conteos, las cuales permitan obtener información lo más real posible, registrándose todos los vehículos que crucen la estación de conteo en ambos sentidos.

En la estación N° 1 y N° 2, se colocará un contador por sentido del flujo vehicular, que contarán y clasificarán durante una semana, el número y tipo de vehículos

que circularán por las estaciones de conteos, durante un mínimo de 12 horas consecutivas al día. La Estación N°1 estará ubicada en la Intersección conocida como Camino Hacia La Comunidad Las Pilas, y la Estación N° 2, se ubicará en el km 21+120 Carretera Managua – El Crucero, entrada El Boquete.

Los datos obtenidos de la Estación N°1, se utilizarán para realizar los cálculos generales del Estudio de Tránsito, exceptuando la proyección del Tránsito Atraído, la cual se calculará en base a los resultados del conteo Vehicular de la Estación N° 2, ya que los vehículos que circulan por este punto de aforo, es la que se espera sea atraída a transitar por la nueva carretera.

3.8. ENCUESTA ORIGEN – DESTINO

El objetivo de las estaciones de Origen – Destino, es de estimar las cantidades de posibles usuarios de la red de caminos próximos al proyecto que podrían ser usuarios potenciales del camino; para los cuales la construcción de la carretera les presentará una mejor alternativa de viaje.

El encuestador preguntará a los conductores durante los días de entrevistas en cada estación, el origen y destino de su viaje (especificando; Ciudad, Departamento y País), el tipo de Vehículo utilizado, la Capacidad del vehículo (en Pas o Ton), la cantidad y tipo de carga o de pasajeros transportados, condición de carga (vacío, semilleno, lleno), los propósitos de sus viajes (Compras, Trabajo, Estudios, Recreativos, Salud, Otros), Frecuencias de viaje (Alta, Media y Baja) y profesión u oficio de los ocupantes del vehículo. (Ver formato de encuestas en Figura N° 25, Anexo pág. X)

El estudio de tránsito tiene como fin clasificar detalladamente la composición del tránsito en cuanto a los tipos de camiones y de vehículos articulados. Esta clasificación es requerida para estimar con mayor precisión los “efectos daños” de cada tipo de vehículo sobre el pavimento.

3.9. TRABAJO DE CAMPO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se seleccionaron las estaciones para los conteos volumétricos, para lo cual se establecieron dos estaciones de aforo para el conteo vehicular indicadas en la sección 3.7.2 y para la encuesta Origen –Destino una estación, ubicada en el Km 21+120 carretera Managua – El Crucero a 20 metros del empalme hacia la Entrada El Boquete. Se realizó siete días de aforo vehicular en un periodo de doce horas consecutivas, en las estaciones indicadas. Las fechas de los levantamientos realizados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Fechas y Períodos horarios de Levantamiento de Tránsito

Día	Fecha	Periodo Horario
Miércoles	06-03-2019	06:00am – 06:00pm (12hrs)
Jueves	07-03-2019	06:00am – 06:00pm (12hrs)
Viernes	08-03-2019	06:00am – 06:00pm (12hrs)
Sábado	09-03-2019	06:00am – 06:00pm (12hrs)
Domingo	10-03-2019	06:00am – 06:00pm (12hrs)
Lunes	11-03-2019	06:00am – 06:00pm (12hrs)
Martes	12-03-2019	06:00am – 06:00pm (12hrs)

Fuente: Elaboración propia.

3.9.1. Distribución de Tránsito

La distribución direccional del tránsito de la carretera en estudio, es el resultado de las distribuciones obtenidas por los aforos de siete días de conteo y clasificación vehicular, de las estaciones donde se aforó.

La siguiente tabla presenta la distribución direccional por un periodo de 12 horas y el promedio de los 7 días. Donde se toma para la primera estación como Sentido 1: El Boquete – Santa Ana y Sentido 2: Santa Ana – El Boquete, la segunda estación, como Sentido 1: Managua – El Crucero y Sentido 2: El Crucero – Managua.

Tabla 8. Registro de Conteos Volumétricos por 12 horas

Registro de Conteos Volumétricos por 12 horas									
Día	Fecha	Estación No.1				Estación No.2			
		Sentido 1	Sentido 2	Total	Distribución Direccional %	Sentido 1	Sentido 2	Total	Distribución Direccional %
Miércoles	6/3/2019	32	39	71	45/55	1,983	3,135	5,118	39/61
Jueves	7/3/2019	46	37	83	55/45	2,151	3,156	5,307	41/59
Viernes	8/3/2019	37	35	72	51/49	2,093	3,250	5,343	39/61
Sábado	9/3/2019	49	47	96	51/49	2,204	2,572	4,776	46/54
Domingo	10/3/2019	48	53	101	48/52	1,557	1,500	3,057	51/49
Lunes	11/3/2019	17	21	38	45/55	1,901	2,715	4,616	41/59
Martes	12/3/2019	49	49	98	50/50	1,863	2,887	4,750	39/61
Promedio		49/51				42/58			

Fuente: Elaboración propia.

La distribución direccional, con base en los resultados obtenidos, se establece para la primera estación en 49/51 y para la segunda estación en 42/58 por los valores promedios obtenidos.

3.9.2. Máximo Volumen Horario (MVH)

De la estación N° 1 y N° 2, el MVH se da el día Martes y Lunes, ambos de 6 a 7 am, con 19 y 828 vehículos, equivalente al 19% y 18% del Tránsito Promedio Diurno (TPDi), respectivamente. En la siguiente tabla se presentan los máximos volúmenes horarios presentados en cada estación de conteo, por 12 horas:

Tabla 9. Máximos Volúmenes Horarios por 12 horas

Día	Estación No.1				Estación No.2			
	Hora	MVH (vph)	TPD (vpd)	% del TPD	Hora	MVH (vph)	TPD (vpd)	% del TPD
Miércoles	06:00 - 07:00	12	71	17	07:00 - 08:00	684	5,118	13
Jueves	06:00 - 07:00	13	83	16	07:00 - 08:00	660	5,307	12
Viernes	07:00 - 08:00	13	72	18	07:00 - 08:00	625	5,343	12
Sábado	12:00 - 13:00	12	96	13	14:00 - 15:00	540	4,776	11
Domingo	13:00 - 14:00	16	101	16	11:00 - 12:00	360	3,057	12
Lunes	14:00 - 15:00	9	38	24	06:00 - 07:00	828	4,616	18
Martes	06:00 - 07:00	19	98	19	07:00 - 08:00	670	4,750	14

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3. Resumen de Conteo Vehicular por periodo de 12 horas

Con el procesamiento de los resultados del conteo vehicular, se ha obtenido el Tránsito Promedio Diurno (TPDi) para los siete días de conteo y clasificación vehicular de la estación N° 1 y N° 2, la primera localizada en la Intersección Hacia Comunidad Las Pilas y la segunda al inicio del camino en estudio “El Boquete”.

Nota: Ver conteo vehicular durante las 12 horas por cada día, para la **Estación N° 1** de la Tabla 71 a la Tabla 74, Anexo pág. XI- XIV. Para la **Estación N° 2** ver de la Tabla 75 a la Tabla 78, Anexo pág. XV-XVIII.

Tabla 10. Tránsito Promedio Diurno (TPDi), Estación de Conteo N°1

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo																			
Estación: N° 1 Intersección Hacia Comunidad Las Pilas (Ambos Sentidos)										Fecha: Miércoles 6/03/2019 - Martes 12/03/2019									
										Horario: 6:00 a.m - 6:00 p.m									
Día	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const		
Miércoles	46	2	0	18	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
Jueves	61	6	3	7	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
Viernes	50	4	3	11	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
Sábado	60	3	4	23	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96
Domingo	64	3	1	26	2	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
Lunes	28	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
Martes	73	6	0	12	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
Total	382	24	19	97	7	0	3	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	559
TPDi (vpd)	55	3	3	14	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
% Por Tipo de Vehículo	68.3	4.3	3.4	17.4	1.3	0.0	0.5	3.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
% Por Clasificación Vehicular	93.4%				1.8%			4.8%										0%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados totales por tipo de vehículo contenido en la tabla anterior, se determinó que el 93.4% corresponde a vehículos livianos y otros, 1.8% para vehículos pesados de pasajeros y un 4.8% para vehículos pesados de carga.

Tabla 11. Tránsito Promedio Diurno (TPDi), Estación de Conteo N°2

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo																			
Estación: N° 2 El Boquete (Ambos Sentidos)										Fecha: Miércoles 6/03/2019 - Martes 12/03/2019									
Día	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S 3	Veh. Agric	Veh. Const		
Miércoles	563	1,329	402	1,182	235	464	119	330	193	25	0	1	8	226	32	8	1	0	5,118
Jueves	583	1,415	422	1,105	562	79	134	408	217	41	0	6	32	256	46	0	0	1	5,307
Viernes	489	1,294	478	1,269	587	89	142	463	193	19	0	2	1	275	35	0	1	6	5,343
Sábado	455	1,239	452	1,123	499	107	151	331	120	17	1	1	3	250	22	0	0	5	4,776
Domingo	311	836	335	636	362	51	124	144	46	13	2	2	3	154	34	0	0	4	3,057
Lunes	523	1,262	433	987	503	70	133	279	141	31	0	5	3	220	20	0	2	4	4,616
Martes	515	1,246	406	1,099	496	78	130	309	163	36	0	0	3	234	33	0	1	1	4,750
Total	3,439	8,621	2,928	7,401	3,244	938	933	2,264	1,073	182	3	17	53	1,615	222	8	5	21	32,967
TPDi (vpd)	491	1,232	418	1,057	463	134	133	323	153	26	0	2	8	231	32	1	1	3	4,710
% Por Tipo de Vehículo	10.4	26.2	8.9	22.4	9.8	2.8	2.8	6.9	3.3	0.6	0.0	0.1	0.2	4.9	0.7	0.0	0.0	0.1	100.0
% Por Clasificación Vehicular	67.9%				15.5%			16.5%										0%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados totales por tipo de vehículo contenido en la tabla anterior, se determinó que el 67.9% corresponde a vehículos livianos y otros, 15.5% para vehículos pesados de pasajeros y un 16.5% para vehículos pesados de carga.

3.10. CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

Para el cálculo del TPDA, es necesario seleccionar la siguiente información:

- i. Estación de Conteo Sumaria (ECS): Por no contar con Estación de Conteo Sumaria (ECS) cerca del proyecto, se seleccionó la Estación de Corta Duración: ECD 202: El Crucero – Cuatro Esquinas identificadas como NIC-2. La cual está ligada a la Estación de Mayor Cobertura EMC 200 “Entrada al INCAE – El Crucero”. (Ver Tabla 79, Anexo pág. XIX).
- ii. Factores de Expansión o de ajustes: Se utilizaron los Factores correspondientes al Primer Cuatrimestre del año 2018 de la EMC 200. (Ver Tabla 80, Anexo pág. XIX).
- iii. Expansión TPD_i a TPD: Conociendo el TPD_i por tipología vehicular (Tabla 10, pág. 30), se multiplica por su respectivo factor día de la EMC 200*, para obtener el valor expandido de TPD por tipología vehicular. Por ejemplo, para la Estación de Conteo N° 1.

$$TPD_{Autos} = TPD_{iAutos} * FA_{Autos}$$

$$TPD_{Autos} = 2 * 1.42 = 2.84$$

$$TPD_{Autos} \approx 3$$

$$TPD_{C2Liv} = TPD_{iC2Liv} * FA_{C2Liv}$$

$$TPD_{C2Liv} = 4 * 1.36 = 5.44$$

$$TPD_{C2Liv} \approx 5$$

*Corresponde al Factor día para cada Tipología vehicular indicados en la Tabla 80, Anexo pág. XIX. Realizando este cálculo para los demás vehículos se obtiene el TPD (Ver Tabla 12, pág. 34).

- iv. Expansión de TPD a TPDS: El TPDS es igual al TPD, ya que se realizaron los 7 días de aforo vehicular.
- v. Expansión del TPDS a TPDA: Es la multiplicación del TPDS por tipología vehicular por el Factor de expansión a TPDA de la EMC 200 (Ver Tabla 80, Anexo pág. XIX). Por ejemplo.

$$TPDA_{Autos} = TPDS_{Autos} * \text{Factor de Expansión a } TPDA_{Autos}$$

$$TPDA_{Autos} = 5 * 0.82 = 4.10$$

$$TPDA_{Autos} \approx 4$$

$$TPDA_{C2 Liv} = TPDS_{C2 Liv} * \text{Factor de Expansión a } TPDA_{C2 Liv}$$

$$TPDA_{C2 Liv} = 4 * 0.86 = 3.44$$

$$TPDA_{Liv} \approx 3$$

Tabla 12. Tránsito Promedio Diario (TPD), Estación de Conteo N°1

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo Expandido a 24 horas																			
Estación: N° 1 Intersección Hacia Comunidad Las Pilas (Ambos Sentidos)										Fecha: Miércoles 6/03/2019 - Martes 12/03/2019									
Dia	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Veh. Pesados		Otros	Total (vph)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const		
Miércoles	65	3	0	25	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99
Jueves	86	9	4	10	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117
Viernes	71	6	4	16	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102
Sábado	85	4	6	32	3	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135
Domingo	90	4	1	37	3	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142
Lunes	39	0	11	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
Martes	103	9	0	17	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138
Total	539	35	26	137	10	0	4	26	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	786
TPDS (vpd)	77	5	4	20	1	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
% Por Tipo de Vehículo	68.1	4.4	3.5	17.7	0.9	0.0	0.9	3.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
% Por Clasificación Vehicular	93.8%				1.8%			4.4%										0%	100%

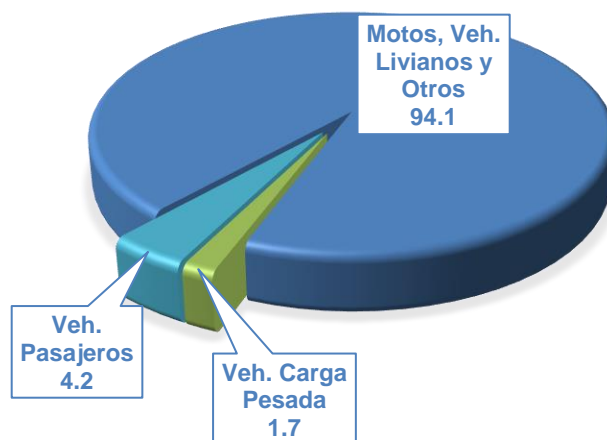
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), Estación de Conteo N°1

TPDA FINAL								Estación: N° 1 Intersección Hacia Comunidad Las Pilas (Ambos Sentidos)											
Grupo	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const		
TPDS	77	5	4	20	1	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
Factor Expansión a TPDA	0.93	0.82	0.75	0.87	0.87	0.84	0.88	0.86	0.84	1.05	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	1.00	1.00	1.51	-
TPDA (vpd)	72	4	3	17	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102
% TPDA	70.1	4.0	2.9	17.0	0.9	0.0	0.9	3.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
% TPDA por Clasificación Vehicular	94.1%				1.7%			4.2%										0%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Porcentaje del TPDA por Clasificación Vehicular, Estación de Conteo No.1



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Tránsito Promedio Diario (TPD), Estación de Conteo N°2

Resumen Semanal por Tipo de Vehículo Expandido a 24 horas																		
Estación: N° 2 El Boquete (Ambos Sentidos)										Fecha: Miércoles 6/03/2019 - Martes 12/03/2019								
Dia	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total (vph)
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const	
Miércoles	794	1,887	559	1,667	315	622	151	449	261	33	0	1	8	377	53	8	1	0
Jueves	822	2,009	587	1,558	753	106	170	555	293	54	0	6	32	428	77	0	0	1
Viernes	689	1,837	664	1,789	787	119	180	630	261	25	0	2	1	459	58	0	1	7
Sábado	642	1,759	628	1,583	669	143	192	450	162	22	1	1	3	418	37	0	0	6
Domingo	439	1,187	466	897	485	68	157	196	62	17	2	2	3	257	57	0	0	5
Lunes	737	1,792	602	1,392	674	94	169	379	190	41	0	5	3	367	33	0	2	5
Martes	726	1,769	564	1,550	665	105	165	420	220	48	0	0	3	391	55	0	1	1
Total	4,849	12,240	4,070	10,436	4,348	1,257	1,184	3,079	1,449	240	3	17	53	2,697	370	8	5	25
TPDS (vpd)	693	1,749	581	1,491	621	180	169	440	207	34	0	2	8	385	53	1	1	4
% Por Tipo de Vehículo	10.5	26.4	8.8	22.5	9.4	2.7	2.6	6.6	3.1	0.5	0.0	0.0	0.1	5.8	0.8	0.0	0.0	0.1
% Por Clasificación Vehicular	68.2%				14.7%			17.1%									0%	100%

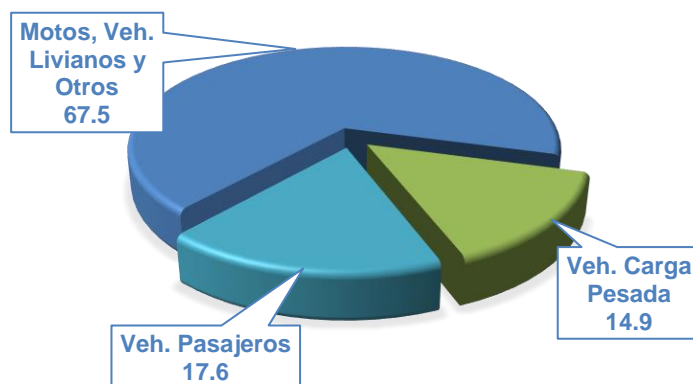
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), Estación de Conteo N°2

TPDA FINAL								Estación: N° 2 El Boquete (Ambos Sentidos)												
Grupo	Motos	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)	
		Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const			
TPDS	693	1,749	581	1,491	621	180	169	440	207	34	0	2	8	385	53	1	1	4	6,619	
Factor Expansión a TPDA	1.02	1.02	0.98	1.05	1.02	1.05	0.96	1.02	0.99	1.02	1.00	1.00	1.00	1.06	1.06	1.00	1.00	0.94	-	
TPDA (vpd)	644	1434	436	1297	540	151	149	378	174	36	0	2	8	347	48	1	1	6	5,652	
% TPDA	11.4	25.4	7.7	22.9	9.6	2.7	2.6	6.7	3.1	0.6	0.0	0.0	0.1	6.1	0.8	0.0	0.0	0.1	100.0	
% TPDA por Clasificación Vehicular	67.4%				14.9%			17.6%											0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Porcentaje por Clasificación Vehicular, Estación de Conteo No.2



Fuente: Elaboración propia.

3.11. PROYECCIONES DEL TRÁNSITO

Es el volumen de tránsito que se debe proyectar en un periodo de diseño definido, la cual determina las características del pavimento y evalúa su comportamiento a largo plazo, con el fin de que esta pueda satisfacer las exigencias de servicio al aumento del tránsito al final del periodo de diseño. En la Tabla 16, se muestran los periodos de Diseño recomendados por el Manual Centroamericano para Diseños de Pavimentos (SIECA 2002).

Tabla 16. Clasificación de la vía, según periodo de diseño

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncales Suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 – 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano para Diseños de Pavimentos, SIECA 2002.

De acuerdo a la matriz de clasificación funcional (Ver Tabla 81, Anexo pág. XX), el tramo clasifica como una “Colectora Rural”, ya que este cumple con las siguientes características; comunica a más de 5,000 habitantes de la Red Nacional y el flujo de tránsito TPDA es mayor a 50 vpd. Por lo tanto, el periodo de diseño para este proyecto es de 20 años, cumpliendo con el rango del periodo de diseño indicado en la tabla anterior.

3.11.1. Cálculo de la Tasa de Crecimiento

La determinación de las tasas de crecimiento (TAC) es una variable que debe ser calculada para la estimación de los volúmenes de transporte futuros, por lo tanto, para la determinación de la TAC se utilizó el procedimiento establecido en el Anuario de Aforos de Tráfico – Año 2018 (MTI), en su CAPÍTULO IV: ESTUDIOS DE CONTEOS DE TRÁFICO, donde se analizan variables socioeconómicas que relacionan variables claves de la economía nacional y/o regional. Para el presente

Estudio se consideraron las variables del Producto Interno Bruto (PIB), Consumo de Combustible (Diésel y Gasolina), el Crecimiento Poblacional del Crucero y el TPDA histórico de la EMC 200.

El proceso de revisión de las variables se hará a través de rectas de regresión lineal y posteriormente correlacionar entre sí dichas variables, conociendo así su nivel de confianza, entre más cercano sea a 1 mayor será su reciprocidad, dando a conocer qué variables deben ser tomadas en cuenta para escoger una tasa de crecimiento óptima. A continuación, en la Tabla 17, se muestran los datos de las variables consideradas en el análisis de la tasa de crecimiento.

Tabla 17. Variables a considerar para definir la Tasa de Crecimiento⁴

Años	PIB	TAC	Población	TAC	TPDA	TAC	Combustible	TAC
2006	118,837.70	-	14,221.00	-	5,912.00	-	4,702.60	-
2007	124,870.30	5.08	14,365.00	1.01	6,041.00	2.18	5,221.60	11.04
2008	129,160.50	3.44	14,507.00	0.99	5,856.00	-3.06	4,858.80	-6.95
2009	124,907.70	-3.29	14,673.00	1.14	6,379.00	8.93	4,935.20	1.57
2010	130,416.30	4.41	14,807.00	0.91	6,412.00	0.52	5,143.10	4.21
2011	138,654.20	6.32	14,921.00	0.77	6,435.00	0.36	5,388.00	4.76
2012	147,661.40	6.50	15,033.00	0.75	6,862.00	6.64	5,615.80	4.23
2013	154,936.80	4.93	15,139.00	0.71	6,892.00	0.44	5,788.20	3.07
2014	162,351.30	4.79	15,241.00	0.67	7,783.00	12.93	6,127.10	5.86
2015	170,131.60	4.79	15,338.00	0.64	8,685.00	11.59	6,813.70	11.21
2016	177,894.90	4.56	15,416.00	0.51	9,466.00	8.99	7,287.50	6.95
2017	186,212.40	4.68	15,488.00	0.47	10,089.00	6.58	7,596.40	4.24
2018	179,107.00	-3.82	15,555.00	0.43	8,918.00	-11.61	7,060.30	-7.06
Promedio		3.53	Promedio	0.75	Promedio	3.71	Promedio	3.59

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la tasa de crecimiento, se necesitan los datos históricos de la estación permanente o de mayor cobertura seleccionada y de las variables socioeconómicas.

⁴ Una variable muy importante es el TPDA histórico de la ECD 202, sin embargo, en este tramo el inconveniente es que no se posee datos estadísticos históricos consistentes y anuales, lo que produce distorsión en los resultados del análisis, por esta razón se toma en cuenta también para el análisis el TPDA histórico de la EMC 200 asociada al tramo.

$$TC = \left[\left(\frac{Año_f}{Año_i} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

Ecuación 5. Tasa de crecimiento

Donde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año i: Año inicial.

Año f: Año final.

n: Diferencia de años.

Partiendo de la información de la Tabla 17⁵, pág. 39. Se aprecia el comportamiento histórico del Producto Interno Bruto (PIB), desde el año 2006 al año 2018. Las tasas de crecimiento se calcularán sustituyendo valores en la Ecuación 5, como se muestra a continuación:

$$TC_{PIB} = \left[\left(\frac{179107.00}{118837.70} \right)^{\frac{1}{12}} - 1 \right] * 100 = 3.48\%$$

⁵ Los datos del producto interno bruto están expresados en millones de córdobas a su vez están basados en las estadísticas presentadas por el Banco Central de Nicaragua (BCN) mostradas en su página web para el periodo comprendido entre 2006-2018, siendo el año de referencia el 2006. Pág. 5 Capítulo I “Sector Real”.

Los datos históricos de consumo de combustible (gasolina más diésel) están expresados en miles de barriles siendo su fuente el Instituto Nicaragüense de Energía (INE), datos mostrados también en su página web en la sección Estadísticas-hidrocarburos para el periodo comprendido entre 2006-2018. También se puede encontrar en el Anuario Estadístico del BCN 2006-2018. Pág. 30 Capítulo I “Sector Real”.

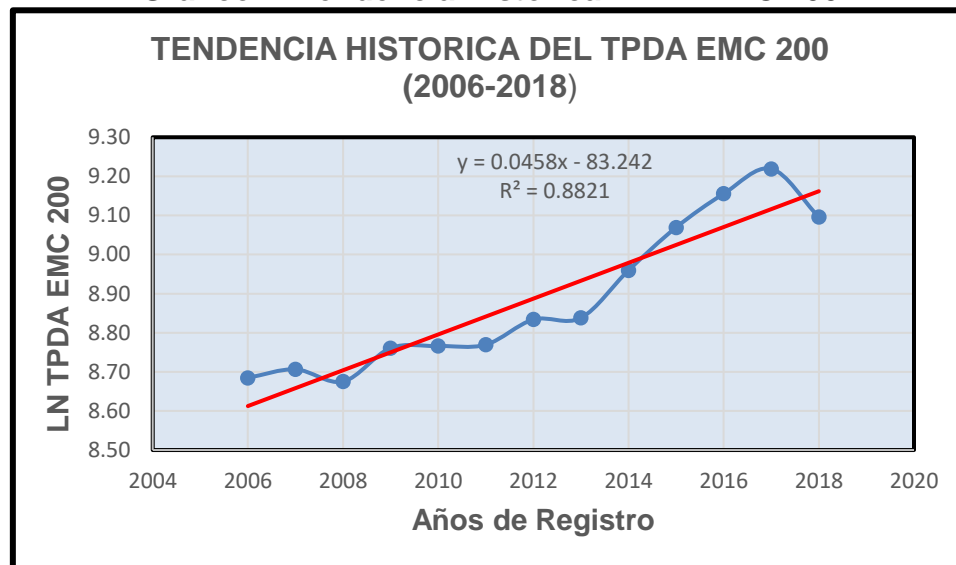
Registros históricos de tránsito para la EMC 200 fue obtenida del Anuario de Aforos de Tráfico del 2018 emitido por el MTI.

Datos de población obtenidos del Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE, de las publicaciones emitidas desde 2006 hasta 2018.

De igual forma se calcularon las tasas de crecimiento para cada variable socioeconómica. Ver Tabla 19, pág.45.

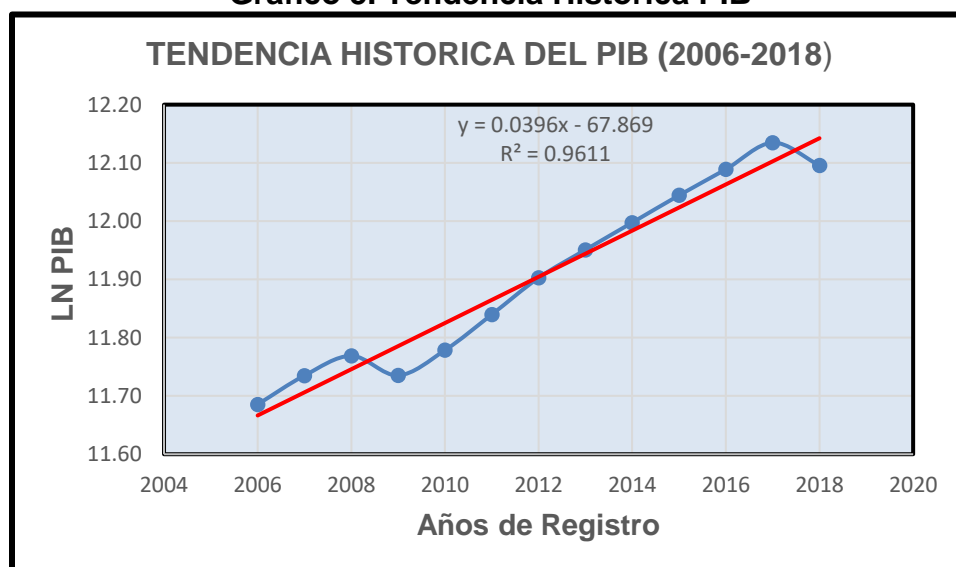
De los datos de la Tabla 17, pág.39, se elaboraron las rectas de regresión lineal de cada una de las variables para definir su tendencia a lo largo de los años, así como la correlación entre sí de dichas variables, para luego realizar un análisis de las mismas y definir una tasa de crecimiento vehicular adecuada.

Gráfico 4. Tendencia Histórica TPDA EMC 200



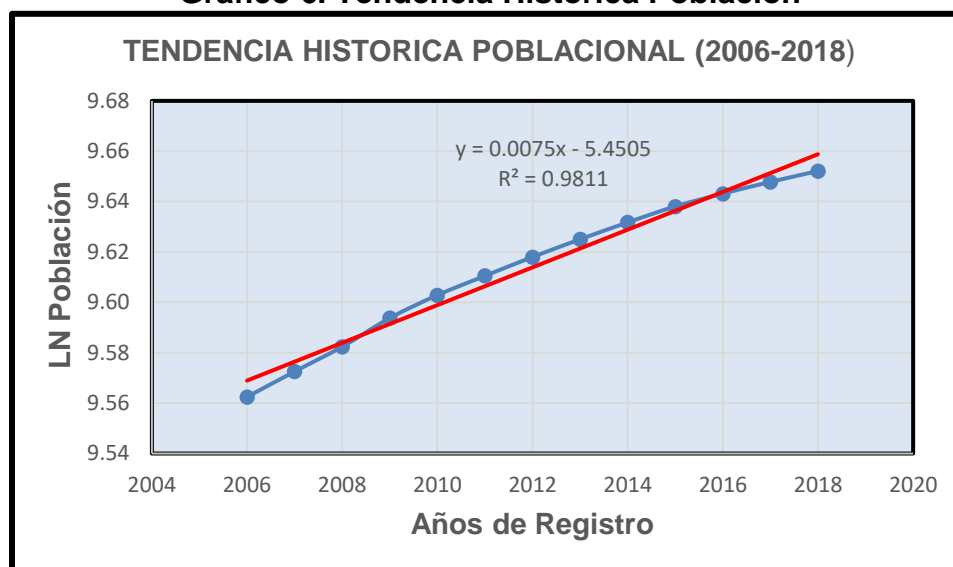
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Tendencia Histórica PIB



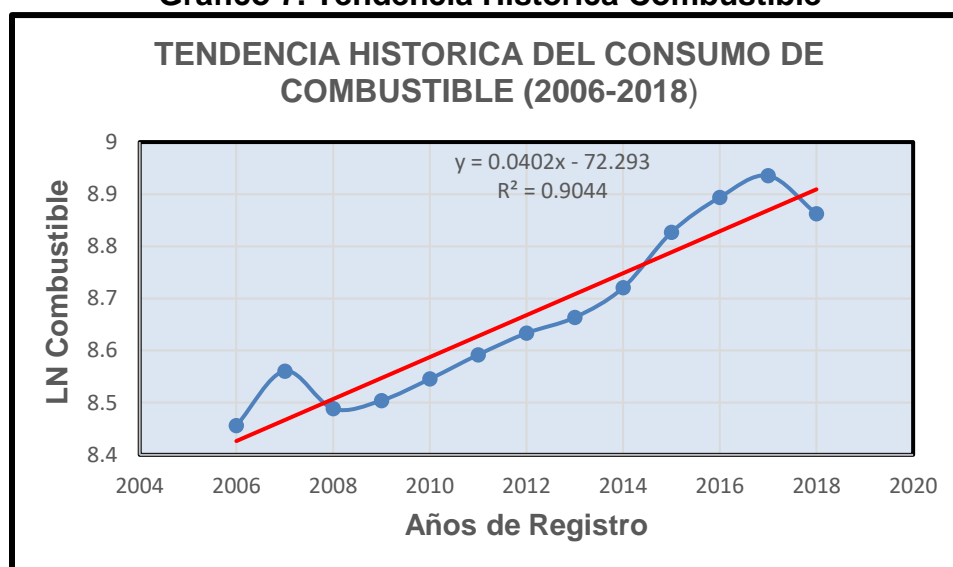
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Tendencia Histórica Población



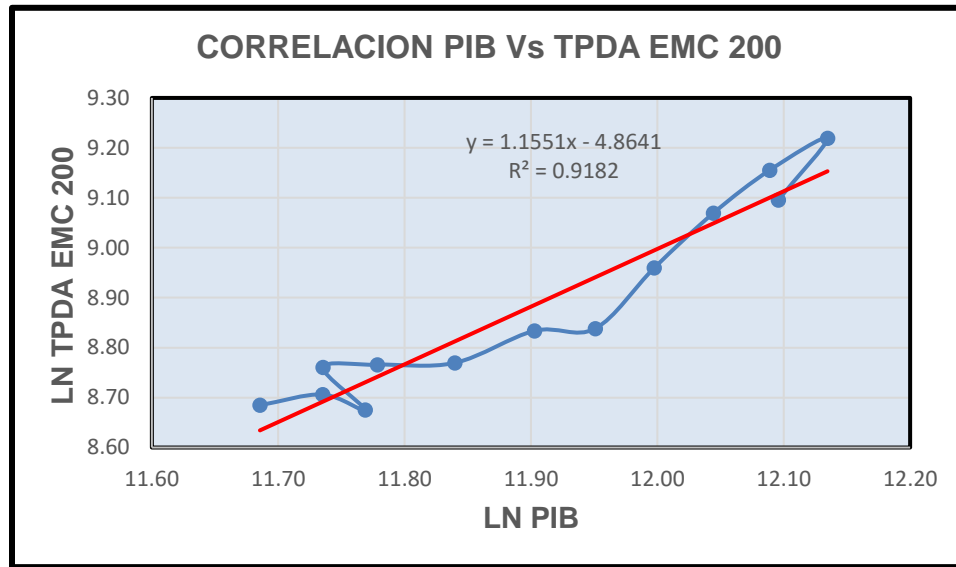
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Tendencia Histórica Combustible



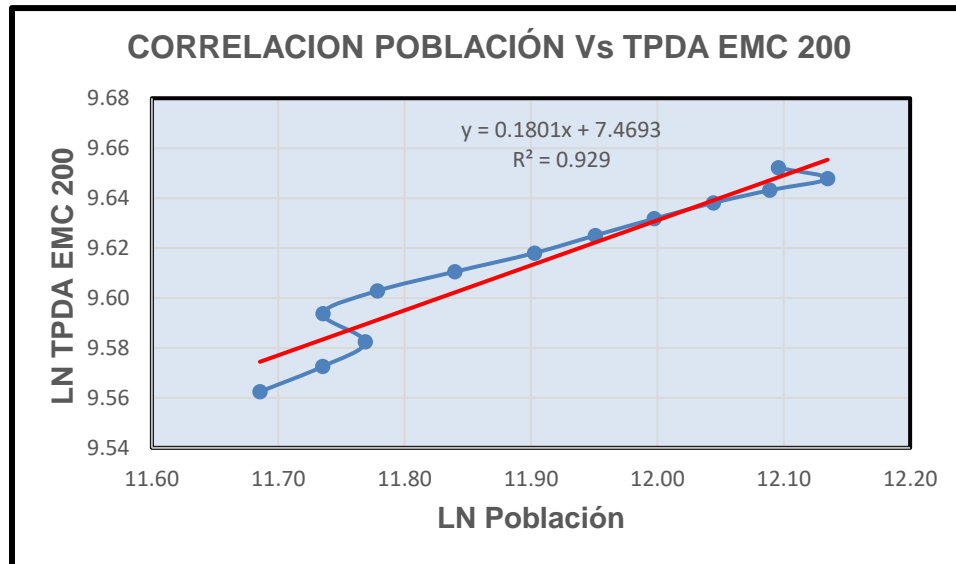
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. Correlación del PIB vs TPDA EMC 200



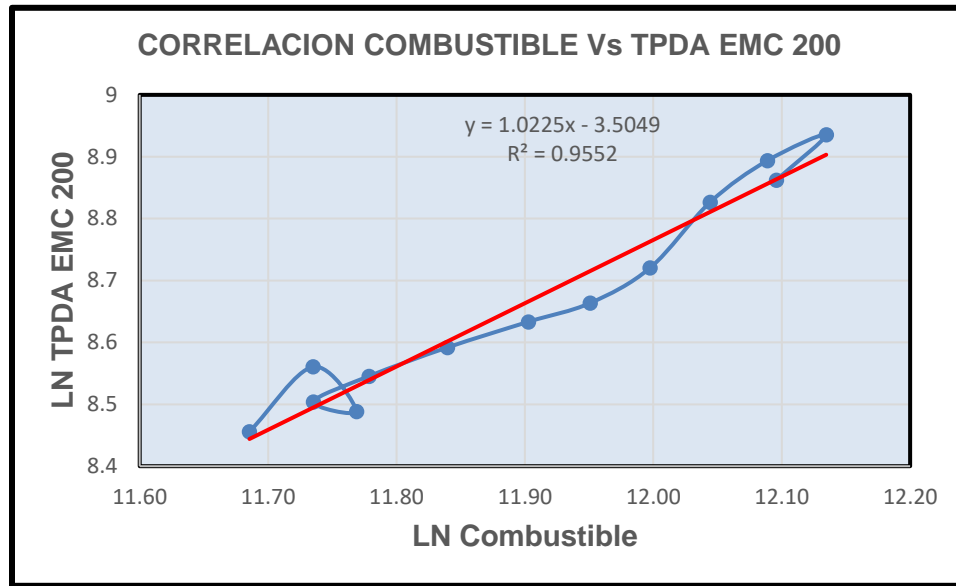
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9. Correlación de Población vs TPDA EMC 200



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10. Correlación de Población vs TPDA EMC 200



Fuente: Elaboración propia.

Todas las variables presentan una excelente correlación, con un grado de confiabilidad mayor al 91%, mostrada en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultado de la Correlación entre variables

Correlación	Elasticidad	Confiabilidad R ²
PIB-TPDA	1.16	91.82%
Población-TPDA	0.18	92.90%
Combustible-TPDA	1.02	95.52%

Fuente: Elaboración propia.

Las tasas de crecimiento resultantes (TC_R) a tomar en cuenta para la proyección del tránsito, es la que resulta de la multiplicación de la Elasticidad (E) entre variables (Tabla 18) y la Tasa de Crecimiento (TC), la cual fue calculada a partir de los datos históricos, mediante la Ecuación 5, pág. 40. Por ejemplo:

$$TC_R = TC * E$$

$$TC_{R(PIB)} = 3.48 * 1.16 = 4.03\%$$

Tabla 19. Tasas de Crecimiento afectadas por la correlación

Ecuación	PIB	Población	Combustible	TPDA
TC	3.48	0.75	3.44	3.49
Elasticidad	1.16	0.18	1.02	
TC _R	4.03	*0.13	3.51	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de las Tasas de Crecimiento afectadas por la correlación de la Tabla 19, se tomará el promedio de la TC_R de las variables PIB, Combustible y TPDA, para la estimación de la proyección de los volúmenes de tránsito, es decir que la tasa de crecimiento que se empleará para el cálculo es de **3.68%**.

*No se tomará en cuenta la tasa de crecimiento obtenida de la correlación del TPDA vs Población, ya que es una tasa muy baja (0.13%), a diferencia de las otras variables que tienen una Tasa de crecimiento similar.

3.11.2. Resultados de la Proyección del Tránsito Normal

Para calcular el volumen de tránsito que circulará por cierta vía en un periodo de tiempo específico, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$T_n = T_o * (1 + r)^n$$

Ecuación 6. Proyección del Tránsito Normal

Donde:

T_n Tránsito en cualquier año.

T_o: Tránsito en el año cero.

r: Tasa de crecimiento vehicular.

n: Periodo de diseño (20 años)

A manera de ejemplo se calcula para motos.

$$\text{Tránsito normal}_{\text{motos}(2019-2020)} = 72 * (1 + 0.0368)^1 = 75 \text{ veh}$$

Tabla 20. Proyección de Tránsito Normal

AÑO	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga		Total
	Motos	Autos	Jeep	Cta	MB	Mb> 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	
2019	72	4	3	17	1	0	1	3	1	102
2020	75	4	3	18	1	0	1	3	1	106
2021	77	4	3	18	1	0	1	3	1	108
2022	80	4	3	19	1	0	1	3	1	112
2023	83	5	3	20	1	0	1	3	1	117
2024	86	5	4	20	1	0	1	4	1	122
2025	89	5	4	21	1	0	1	4	1	126
2026	93	5	4	22	1	0	1	4	1	131
2027	96	5	4	23	1	0	1	4	1	135
2028	100	6	4	24	1	0	1	4	1	141
2029	103	6	4	24	1	0	1	4	1	144
2030	107	6	4	25	1	0	1	4	1	149
2031	111	6	5	26	2	0	2	5	2	159
2032	115	6	5	27	2	0	2	5	2	164
2033	119	7	5	28	2	0	2	5	2	170
2034	124	7	5	29	2	0	2	5	2	176
2035	128	7	5	30	2	0	2	5	2	181
2036	133	7	6	31	2	0	2	6	2	189
2037	138	8	6	33	2	0	2	6	2	197
2038	143	8	6	34	2	0	2	6	2	203
2039	148	8	6	35	2	0	2	6	2	209

Fuente: Elaboración propia.

3.11.3. Resultados de Proyección de Tránsito Generado

Consta de aquellos viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva carretera. Este aumento varía del 5% al 25%, donde se utilizará el 10%, ya que esta carretera se tomará como una ruta alterna viable para los viajes de carga internacional y de turismo, además en la zona de influencia habrá un mayor desarrollo de la producción agropecuaria.

El Tránsito Generado, se aplica a aquellos vehículos que se movilizan cotidianamente a lo largo del tramo en estudio y que por ahorros en los costos de operación vehicular y la reducción de los tiempos de viajes, se generarán una cantidad de viajes adicionales; que en la situación sin proyecto no se producen, debido a las condiciones físicas y geométricas del tramo en estudio.

Se calculó la Proyección del Tránsito Generado donde se multiplica el resultado del tránsito normal por el 10% que se espera se genere. A manera de ejemplo se calcula el vehículo (moto):

$$\textit{Tránsito generado}_{\textit{motos}(2021)} = 77 * 0.1 \approx 8 \textit{ veh}$$

Este incremento del Tránsito Generado, se dará cuando la carretera esté construida, por lo tanto, se comienza a proyectar dos años después de finalizada la obra. De igual forma, se calcula para el resto de vehículos.

Tabla 21. Proyección de Tránsito Generado

Año	Vehículos Livianos				Pesados de Carga	Total '(vpd)
	Motos	Autos	Jeep	Cta	C2 Liv	
2021	8	0	0	2	0	10
2022	8	0	0	2	0	10
2023	8	1	0	2	0	11
2024	9	1	0	2	0	12
2025	9	1	0	2	0	12
2026	9	1	0	2	0	12
2027	10	1	0	2	0	13
2028	10	1	0	2	0	13
2029	10	1	0	2	0	13
2030	11	1	0	3	0	15
2031	11	1	1	3	1	17
2032	12	1	1	3	1	18
2033	12	1	1	3	1	18
2034	12	1	1	3	1	18
2035	13	1	1	3	1	19
2036	13	1	1	3	1	19
2037	14	1	1	3	1	20
2038	14	1	1	3	1	20
2039	15	1	1	4	1	22

Fuente: Elaboración propia.

3.11.4. Resultados de Proyección de Tránsito Atraído.

Para el cálculo del Tránsito Atraído, se utilizaron las Encuestas de Origen – Destino (Ver Figura N° 25, Anexo pág. X), las cuales se realizaron en el inicio del Tramo “El Boquete”, estas se efectuaron durante 7 días consecutivos, durante 12 horas diarias, alcanzando un total de 1837 vehículos encuestados en ambas direcciones. En la Tabla 22, pág. 49, se detalla la cantidad de vehículos encuestados, de acuerdo a su Tipología Vehicular y en la Tabla 23, pág. 49, se muestra el Flujo atraído, de acuerdo al Origen y Destino de los encuestados.

Tabla 22. Vehículos Encuestados, Managua - El Crucero (Ambos sentidos)

Tipo de Vehículo	Ida	Regreso	Total	% Cantidad
Moto	85	73	158	8.6
Auto	146	188	334	18.18
Jeep	23	37	60	3.27
Camioneta	189	191	380	20.69
C2 Liv	122	81	203	11.05
C2	137	293	430	23.41
C3	14	10	24	1.31
T3S2	146	45	191	10.4
T3S3	27	27	54	2.94
C2R2	3	0	3	0.16
Total	892	945	1837	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Flujo Atraído, Según Origen – Destino

Zona	Zona de Tránsito	O	D
2	Empalme Santa Rita, Villa El Carmen, Los Cedros	1	-
3	León,	25	43
4	Resto del Dpto. de León	-	13
5	Depto. Chinandega	6	17
6	El Crucero, San Rafael del Sur, Pochomil, Masachapa, Las Nubes, Los Gutiérrez	13	7
7	Jinotepe, Diriamba, San Marcos, Masatepe, La Concepción, Dolores, Santa Teresa, La Paz, Las Esquinas, La Boquita.	23	11
8	Dpto. Masaya	1	-
9	Departamento de Granada	10	11
10	Departamento de Rivas	41	8
13	Costa Rica, Panamá	57	69
14	Honduras, El Salvador, Guatemala, México	74	72
Total por sentido		908	251
Total (ambos sentidos)		1159	

Fuente: Elaboración propia.

Los Resultados de la Tabla 22 representan el número total de vehículos encuestados y la Tabla 23 el Flujo de vehículos atraídos directamente al tramo de estudio. Relacionando las cantidades de vehículos atraídos con respecto al total de vehículos encuestados, se determinó que el flujo de origen es de 49% y el flujo de destino 14%, para un total de 63% de vehículos en ambos sentidos, atraídos al tramo de estudio.

Para el cálculo de los vehículos atraídos se realizó a través del siguiente procedimiento:

- i. Matriz de Encuesta Origen – Destino: A partir de los resultados obtenidos a través de las encuestas, se elaboró la matriz donde la primera columna corresponde al origen y la primera fila el destino, la intersección de estas indica la cantidad de vehículos dentro de esa ruta. Se elaboraron por separados la Matriz para vehículos livianos y para vehículos pesados (Ver Tabla 82 y Tabla 83, Anexo pág. XXI).
- ii. Matriz de porcentajes Origen – Destino: Esta se obtiene de los resultados de vehículos de la “Matriz de Encuesta Origen - Destino” dividida entre la cantidad total de vehículos encuestados (Ver Tabla 84 y Tabla 85, Anexo pág. XXII).
- iii. Matriz de cantidad de vehículos: Resulta de la multiplicación de la “Matriz de porcentajes Origen – Destino” por la sumatoria de clasificación vehicular del TPDA de la estación de conteo N° 2 (Tabla 15 pág. 37), donde la sumatoria de vehículos livianos es igual a 3,811 vpd y vehículos pesados 993 vpd. (Ver Tabla 86 y Tabla 87, Anexo pág. XXIII).
- iv. Matriz de vehículos atraídos al proyecto: Es la simplificación de la “Matriz de cantidad de vehículos”, donde únicamente se toman en cuenta las rutas (Ver Tabla 23, pág. 49) que estarán influenciadas directamente al tramo (Ver Tabla 88 y Tabla 89, Anexo pág. XXIV).
- v. Finalmente se determina la Cantidad de vehículos atraídos, multiplicando el total de vehículos atraídos, por el porcentaje representativo de cada vehículo del TPDA de la estación de conteo N°2. (Ver Tabla 90 y Tabla 91, Anexo pág. XXV) o bien ver la siguiente tabla.

Tabla 24. Cantidad de Vehículos Atraídos

Tramo de Carretera	Motos	Vehículo Liviano			Vehículo de Carga					Total
		Autos	Jeep	Cta	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	
Managua - El Crucero	20	44	13	40	97	44	9	88	12	367

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la Proyección de tránsito atraído, se utilizó la Tasa de Crecimiento determinada en el inciso 3.11.1, la cual tiene un valor de 3.68%. Considerando que las variables socioeconómicas utilizadas para el cálculo de la tasa de crecimiento afectarán directamente el crecimiento vehicular en el tramo.

Tabla 25. Proyección de Tránsito Atraído

Año	Vehículos Livianos				Pesados de Carga					Total (vph)
	Motos	Autos	Jeep	Cta	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	
2019	20	44	13	40	97	44	9	88	12	347
2020	20	46	14	41	101	46	9	91	12	360
2021	21	47	14	43	104	47	10	95	13	373
2022	22	49	15	44	108	49	10	98	13	386
2023	23	51	15	46	112	51	10	102	14	401
2024	24	53	16	48	116	53	11	105	14	416
2025	25	55	17	49	120	55	11	109	15	431
2026	25	57	17	51	125	57	12	113	15	447
2027	26	59	18	53	129	59	12	117	16	463
2028	27	61	19	55	134	61	12	122	17	481
2029	28	63	19	57	139	63	13	126	17	497
2030	29	65	20	59	144	65	13	131	18	515
2031	30	68	21	61	150	68	14	136	19	537
2032	32	70	21	64	155	70	14	141	19	554
2033	33	73	22	66	161	73	15	146	20	576
2034	34	76	23	68	167	76	15	151	21	597
2035	35	78	24	71	173	78	16	157	21	618
2036	37	81	25	74	179	81	17	163	22	642
2037	38	84	26	76	186	84	17	169	23	665
2038	39	87	27	79	193	87	18	175	24	690
2039	41	91	28	82	200	91	19	181	25	717

Fuente: Elaboración propia.

3.11.5. Resultados de Tránsito Total

De acuerdo a lo indicado en la Sección 3.2. Tránsito del Proyecto: El tránsito total (TT) para Proyectos de nuevas carreteras es la suma del tránsito normal, atraído y generado. El cual se hace la suma, a partir del año en que se espera, sea puesta en operación la carretera (2019).

Tabla 26. Tránsito Total

AÑO	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga					Total
	Motos	Autos	Jeep	Cta	MB	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	
2019	92	48	16	57	1	1	100	45	9	88	12	469
2020	95	50	17	59	1	1	104	47	9	91	12	486
2021	106	51	17	63	1	1	107	48	10	95	13	512
2022	110	53	18	65	1	1	111	50	10	98	13	530
2023	114	57	18	68	1	1	115	52	10	102	14	552
2024	119	59	20	70	1	1	120	54	11	105	14	574
2025	123	61	21	72	1	1	124	56	11	109	15	594
2026	127	63	21	75	1	1	129	58	12	113	15	615
2027	132	65	22	78	1	1	133	60	12	117	16	637
2028	137	68	23	81	1	1	138	62	12	122	17	662
2029	141	70	23	83	1	1	143	64	13	126	17	682
2030	147	72	24	87	1	1	148	66	13	131	18	708
2031	152	75	27	90	2	2	156	70	14	136	19	743
2032	159	77	27	94	2	2	161	72	14	141	19	768
2033	164	81	28	97	2	2	167	75	15	146	20	797
2034	170	84	29	100	2	2	173	78	15	151	21	825
2035	176	86	30	104	2	2	179	80	16	157	21	853
2036	183	89	32	108	2	2	186	83	17	163	22	887
2037	190	93	33	112	2	2	193	86	17	169	23	920
2038	196	96	34	116	2	2	200	89	18	175	24	952
2039	204	100	35	121	2	2	207	93	19	181	25	989

Fuente: Elaboración propia.

3.12. TRÁNSITO DE DISEÑO

3.12.1. Clasificación Funcional

Con el resultado del TPDA del Tránsito Total del último año (989 veh/día), se puede obtener la clasificación funcional de la carretera.

Tabla 27. Clasificación Funcional de las Carreteras

Función	Clase de Carretera (1)	Nomenclatura	TPD (2) (Año Final de Diseño)	Número de Carriles
Arterial Principal	Autopista	AA	>20,000	6 – 8
	Arterial Rural	AR	10,000 – 20,000	4 – 6
	Arterial Urbana	AU	10,000 – 20,000	4 – 6
Arterial Menor	Arterial Menor Rural	AMR	3,000 – 10,000	2
	Arterial Menor Urbana	AMU	3,000 – 10,000	2
Colector Mayor	Colector Mayor Rural	CMR	10,000 – 20,000	4 – 6
	Colector Mayor Urbana	CMU	10,000 – 20,000	4 – 6
Colector Menor	Colector Menor Rural	CR	500 – 3,000	2
	Colector Menor Urbana	CU	500 – 3,000	2
Local	Local Rural	LR	100 – 500	2
	Local Urbano	LU	100 – 500	2
	Rural	R	<100	1 – 2

Fuente: Manual Centroamericano de Diseño de carreteras (SIECA).

3.12.2. Cálculo de Tránsito de Diseño

Para el cálculo de Tránsito de Diseño se hizo uso de las Ecuaciones y Tablas que se muestran a continuación:

$$TD = T_o * F_c * F_d * F_{c'}$$

Ecuación 7. Tránsito de diseño

Donde:

T_o: Tránsito inicial de año base (2021)⁶

⁶ Se considera como año base, el año donde influyen los tres tipos de tránsito (normal, generado y atraído)

Fc: Factor de crecimiento definido por la siguiente expresión:

$$FC = 365 * \frac{[(1 + i)^n - 1]}{i}$$

Ecuación 8. Factor de Crecimiento

Donde:

i: Factor de crecimiento anual en decimales

n: Periodo a partir del año en que influyen los tres tipos de tránsito hasta finalizar en el año del periodo de diseño

Fd: Factor direccional

$$FC = 365 * \frac{[(1 + 3.68\%)^{18} - 1]}{3.68\%} = 9,090.33$$

Tabla 28. Factor de Distribución por Dirección (Fd)

No. De Carriles en ambas Direcciones	FD (%)
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Tabla 29. Factor de Distribución por Carril (Fc)

No. de carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (Fc)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 o más	50 – 75

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Conocidas todas las variables de la Ecuación 7, pág. 53, se calcula el tránsito de diseño. A manera de ejemplo, se calculará el tránsito de diseño para Autos:

$$TD_{Autos} = 51 * 9,090.33 * 0.50 * 1 = 231,804 \text{ veh.}$$

Tabla 30. Tránsito de Diseño por Tipología Vehicular

	Autos	Jeep	Cta	MB	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	Total
Tt(2021)	51	17	63	1	1	107	48	10	95	13	406
TD veh	231,804	77,268	286,345	4,545	4,545	486,333	218,168	45,452	431,791	59,087	1845,337

Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO IV

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO



CAPÍTULO IV. DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO

4.1. INTRODUCCIÓN

El pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo.

Los espesores del pavimento son calculados mediante el Método de la Guía AASHTO 1993, tomando en cuenta las características particulares de cada capa, para un determinado tránsito y periodo de diseño. Apoyándose en gráficos, nomogramas y tablas de factores, proporcionado por las investigaciones de la AASHTO.

4.2. TIPOS DE PAVIMENTOS

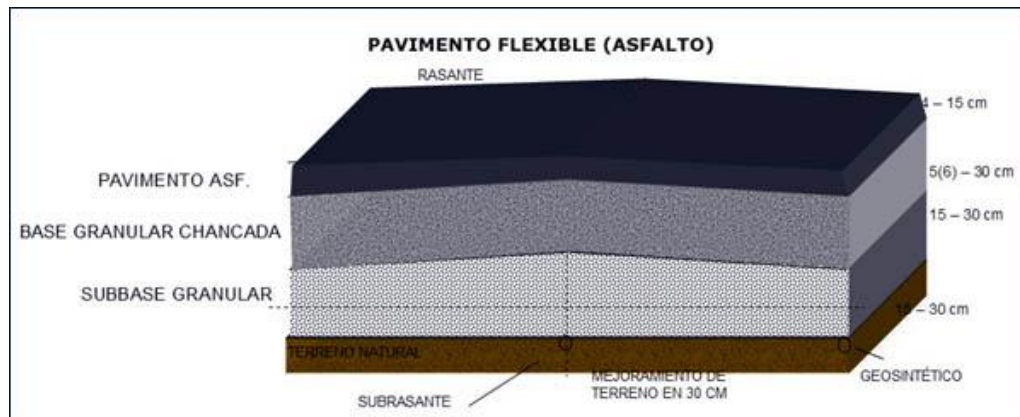
Los pavimentos se clasifican por su estructura en: pavimentos flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos híbridos.

4.2.1. Pavimento Flexible

El pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito.

Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas; el pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

Figura Nº 1. Estructura de Pavimento Flexible



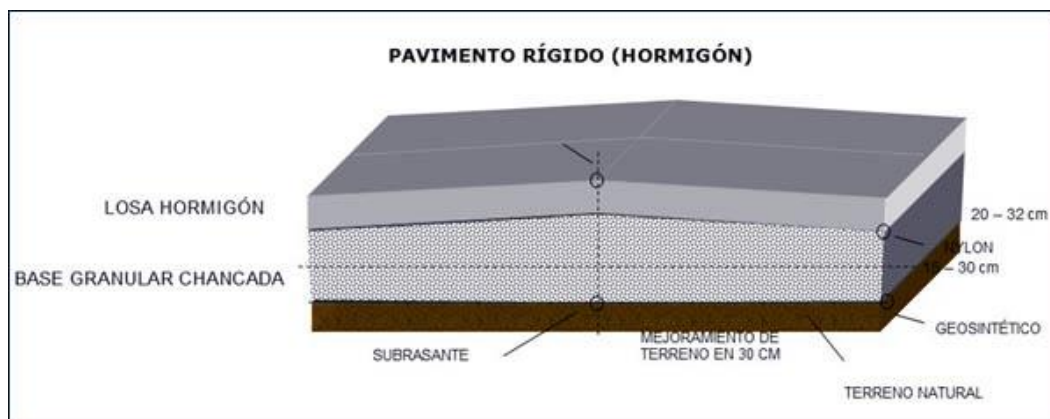
Fuente: Universidad Centroamericana, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente⁷.

4.2.2. Pavimento Rígido.

El pavimento rígido o concreto hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante. Este tipo de pavimento, no permite deformaciones de las capas inferiores.

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

Figura Nº 2. Estructura de Pavimento Rígido



Fuente: Universidad Centroamericana, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente.

⁷ <http://repositorio.uca.edu.ni/1443/1/UCANI3739.pdf>

4.2.3. Pavimento Híbrido (Adoquinado)

Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan adoquines de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido.

El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que los adoquines producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

4.3. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, MÉTODO AASHTO-93

El método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles publicada en 1993 incluye importantes modificaciones dirigidas a mejorar la confiabilidad del método. Desde la publicación de la primera guía AASHTO en 1961, se han efectuado modificaciones en la ecuación de diseño con la finalidad de mejorar su uso y su confiabilidad. En 1972 se produjo la “Guía provisional AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles”, la cual se basó en los procedimientos de diseños existentes. Esta guía fue ajustada en la versión de 1986 la cual dio origen a la versión que se está considerando.

Las variables a considerar son las siguientes:

- Variables en función del tiempo
 - El periodo de tiempo para el diseño.
 - La vida útil del pavimento.
- Variables en función del tránsito.
- Confiabilidad.
- Calidad de la subrasante. Subrasantes Expansivas
- Calidad o Índice de Serviciabilidad.
- Propiedades de los Materiales
- Clima-Drenajes

4.3.1. Determinación de espesores

La fórmula básica para pavimentos flexibles:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

Ecuación 9. Determinación de Espesores, Guía de Diseño AASHTO 1993.

Donde:

W18 = Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el periodo de diseño.

Zr = Desviación Estándar normal del error combinado en la predicción del tránsito y comportamiento estructural.

So = Desviación Estándar Total o error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

ΔPSI = Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (Po) y Final (Pt).

Mr = Módulo Resiliente de la Subrasante (psi)

SN = Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).

Se expresa como $SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 + a_3 d_3 + m_2 + a_3 d_3 + m_3$ en donde:

ai = Coeficiente Estructural de la capa i

di = Espesor de la Capa i

mi = Coeficiente de Drenaje de la Capa Granular i

El SN es un número abstracto, representa en forma numérica la resistencia estructural de un tipo de pavimento dada una capacidad soporte del suelo Mr, del tránsito total medido en términos W18, de la serviciabilidad final y de las condiciones climáticas o ambientales. Parámetro W18 o valor ESAL's por carril

de tránsito. Para la guía AASHTO corresponde al ESAL's afectado por coeficientes que representan el sentido y el número de carriles que tendrá la vía.

4.3.2. Variables a considerar en el diseño

Para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento, es necesario conocer el valor de las variables indicadas en el Inciso 4.3. A continuación se presentan los valores obtenidos de cada una de ellas.

4.3.2.1. Variable en Función del Tiempo

Existen dos variables a considerarse:

- a. Periodo de tiempo para el diseño: Es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de las proyecciones del tránsito y el tiempo que se considera apropiado, para que las condiciones se alteren de una manera diferente a las que fueron consideradas inicialmente.
- b. La vida útil del pavimento: Es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad, que es la medida de la calidad del servicio en términos de comodidad. El periodo de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento.

Para el proyecto se consideró un periodo de tiempo de 20 años, el cual se definió por medio de la Clasificación Funcional de la Vía, que corresponde a una "Colectora Rural", de acuerdo a los periodos de diseño sugeridos por el Manual Centroamericano para Diseños de Pavimentos de la SIECA 2002, indicados en la Tabla 16 pág. 38.

4.3.2.2. Variables en función del tránsito

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga, para que resista un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto por vehículos de

diferentes pesos y número de ejes que para efectos de cálculo se le transforma en un número de ejes equivalentes de 80 kN ó 18 Kips, a los cuales se les denomina Equivalent Simple Axial Load ESAL (Ejes Equivalentes).

Para la determinación de los ejes equivalentes, es necesario conocer los Load Equivalent Factor LEF (Factores Equivalentes), los cuales se obtienen mediante las Tablas de Factores Equivalentes de Carga, encontradas en la Guía AASHTO-93. Para el uso de estas tablas se debe conocer: el tipo de pavimento, el número estructural SN, el tipo de ejes y el Índice de Serviciabilidad final Pt.

- Tipo de Pavimento: El tipo de pavimento propuesto corresponde a Concreto Asfáltico.
- SN: El número estructural es un valor propuesto por el diseñador y por medio de la AASHTO-93 se tiene información de Factores equivalentes (LEF) para números estructurales SN desde 1 a 6. Para el diseño se asumió un número estructural de 4, considerando que el número estructural absorbido por capa será de 2-1-1 para la carpeta asfáltica-Base-Subbase.
- Índice de Serviciabilidad Final Pt: Se consideró un valor de 2.5, ya que este tramo conectará dos carreteras importantes que son de uso tanto Internacional como Nacional. Descrito en la Tabla 35, pág.65 .
- Los tipos de ejes se subdividen en tres categorías: ejes simples (vehículos de un solo eje), ejes Tándem (Vehículos de dos ejes) y Tridem (Vehículos de tres ejes).

A manera de ejemplo se calcula el LEF para el vehículo C3, haciendo uso de las Tablas de Factores Equivalentes de Cargas y Cargas Permisibles por Tipología Vehicular. (Ver Tabla 92 – Tabla 96 en Anexo pág. XXV – XXVIII)

5 ton=11.00 kips (Eje Simple)

Cargas por eje (kips)	Factores Equivalentes de Carga Eje simple
10	0.102
11	X
12	0.213

$$X = \left[\left[\frac{(0.213 - 0.102)}{(12 - 10)} * (11 - 10) \right] + 0.102 \right]$$

$$X = 0.1575$$

16 ton=35.20 kips (Eje Tándem)

Cargas por eje (kips)	Factores Equivalentes de Carga Eje Tándem
34	1.11
35.2	X
36	1.38

$$X = \left[\left[\frac{(1.38 - 1.11)}{(36 - 34)} * (35.2 - 34) \right] + 1.11 \right]$$

$$X = 1.272$$

La mayoría de los valores LEF se tuvieron que interpolar, ya que las tablas no tenían un valor exacto al peso de los vehículos considerados.

Posteriormente se suma los factores obtenidos de 0.1575 y 1.272, resultando LEF total para el vehículo C3 de 1.4295.

Finalmente, para el cálculo de la carga equivalente ESAL, se introduce el factor obtenido por el Tránsito de diseño del vehículo (Tabla 30, pág. 54), tal como se expresa a continuación:

$$ESAL = TD * LEF$$

Ecuación 10. Cálculo ESAL

Donde:

TD: Tránsito de diseño por cada tipología vehicular

LEF: Factores equivalentes de Carga

$$ESAL = 45,452 * 1.4295 \quad ESAL = 64,973.63$$

La carga equivalente para el vehículo C3 fue de 64,973.63. De igual forma se realizaron los cálculos para cada tipo de vehículo.

Tabla 31. Cálculo de Ejes Equivalentes ESAL's

Vehículo	Tipos de Ejes	Carga Kips	TD	Factor LEF	ESAL's
Autos	Simple	2.2	231,804	0.00048	111.27
	Simple	2.2	231,804	0.00048	111.27
Jeep	Simple	2.2	77,268	0.00048	37.09
	Simple	2.2	77,268	0.00048	37.09
Camionetas	Simple	2.2	286,345	0.00048	137.45
	Simple	4.4	286,345	0.005	1,431.73
Mini bus	Simple	8.8	4,545	0.0654	297.24
	Simple	17.6	4,545	0.929	4,222.31
Bus	Simple	11	4,545	0.1575	715.84
	Simple	22	4,545	2.09	9,499.05
C2 liviano	Simple	8.8	486,333	0.0654	31,806.18
	Simple	17.6	486,333	0.929	451,803.36
C2	Simple	9.9	218,168	0.09895	21,587.72
	Simple	19.9	218,168	1.4465	315,580.01
C3	Simple	11	45,452	0.1575	7,158.69
	Tandem	35.2	45,452	1.272	57,814.94
T3S2	Simple	11	431,791	0.1575	68,007.08
	Tandem	35.2	431,791	1.272	549,238.15
	Tandem	35.2	431,791	1.272	549,238.15
T3S3	Simple	11	59,087	0.1575	9,306.20
	Tandem	25.2	59,087	0.3574	21,117.69
	Tridem	44.1	59,087	0.7761	45,857.42
Suma de ESAL's					2,145,115.92

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.3. Confiabilidad (R)

Confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil, bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso.

La selección del nivel apropiado de confiabilidad está dictada por el uso esperado del pavimento. En base a la clasificación funcional del camino se determina el rango de Confiabilidad propuesto por la AASHTO.

Tabla 32. Confiabilidad recomendada por la AASHTO

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	84-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Diseño de pavimento Método AASHTO 93.

En base al tipo de camino Colectora rural se asumió un valor de confiabilidad del 85%, de acuerdo a los valores reflejados en la Tabla 32. Proponiendo este valor con el fin de obtener espesores adecuados para el diseño.

4.3.2.4. Área bajo la curva de distribución estandarizada (Z_R) para una confiabilidad R

Conociendo que el valor de confiabilidad R que es de 85 %, se identificó el valor de Z_R de **-1.037**, el cual representa la confiabilidad, en la ecuación del método de la AASHTO-93.

Tabla 33. Relación de confiabilidad y el valor de Z_R

Confiabilidad (R)	Valor de Z _R	Confiabilidad (R)	Valor de Z _R
50	-0.000	90	-1.282
60	-0.253	91	-1.340
70	-0.524	92	-1.405
75	-0.674	93	-1.476
80	-0.841	94	-1.555
85	-1.037	95	-1.645

Fuente: Diseño de pavimento Método AASHTO 93.

4.3.2.5. Desviación Estándar Global (So)

La desviación estándar depende también de la confiabilidad (R), por lo cual es necesario seleccionar un valor So, tomando en cuenta las condiciones locales particulares, y así considerar posibles variaciones en el comportamiento de la estructura y en la proyección del tránsito, si se tiene la información necesaria; de no ser así, la siguiente tabla muestra algunos valores que se pueden utilizar.

Tabla 34. Valores de desviación estándar global So

Pavimento Flexible	0.40 – 0.50
Construcciones Nueva	0.35 – 0.40
Sobre - Capas	0.50

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento SIECA, 2002.

Dado valor de la “desviación estándar del sistema (So)” propuesto por la SIECA, para pavimentos flexibles, oscila entre 0.40 y 0.50, para este proyecto utilizaremos **0.40**.

4.3.2.6. Índice de Serviciabilidad (PSI)

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Así se tiene un índice de serviciabilidad presente mediante el cual el pavimento es calificado entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfecto).

En el diseño del pavimento se debe elegir la serviciabilidad inicial y final. La inicial está en función del diseño del pavimento y de la calidad de construcción. La final o terminal es función de la categoría del camino y es adoptada en base a esta y al criterio del proyectista.

La diferencia que existe entre estos dos valores se le conoce como la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI), los valores recomendados por la AASHTO y la SIECA para el pavimento flexible son los siguientes:

Tabla 35. Valores de Índice de Serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad	
Inicial	Final
Po=4.2 para pavimentos flexibles	Pt=2.5 o más para caminos muy importantes Pt=2.0 para caminos de tránsito menor

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento SIECA, 2002.

De los datos antes mencionados se tiene:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Ecuación 11. Pérdida de Serviciabilidad

Donde:

Po: Índice de Serviciabilidad inicial

Pt: Índice de Serviciabilidad final

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.5$$

$$\Delta PSI = 1.7$$

Por lo tanto, la pérdida de Serviciabilidad es de 1.7.

4.3.2.7. Cálculo del CBR de Diseño

El valor a tomar de los materiales existentes debe ser representativo del tramo a considerar en el diseño del pavimento, por lo que existen varios criterios para la selección del CBR adecuado, siendo el más utilizado el del Instituto de Asfalto, que recomienda tomar un valor tal que el 60%, 75% o el 87.5% de los valores individuales que sean mayores o iguales que él, de acuerdo con el tránsito que se espere circule por el pavimento, tal como se indica en la Tabla 36, pág. 66, que se presenta a continuación.

Tabla 36. CBR de Diseño. Nivel de Tránsito Valor Percentil para diseño de Subrasante.

Nivel de Tránsito	Valor Percentil para diseño de Subrasante
>10 ⁴ ESAL 'S	60
10 ⁴ a 10 ⁶ ESAL 'S	75
>10⁶ ESAL 'S	87.5

Fuente: Manual Centroamericano de Diseño de Pavimento, SIECA 2002.

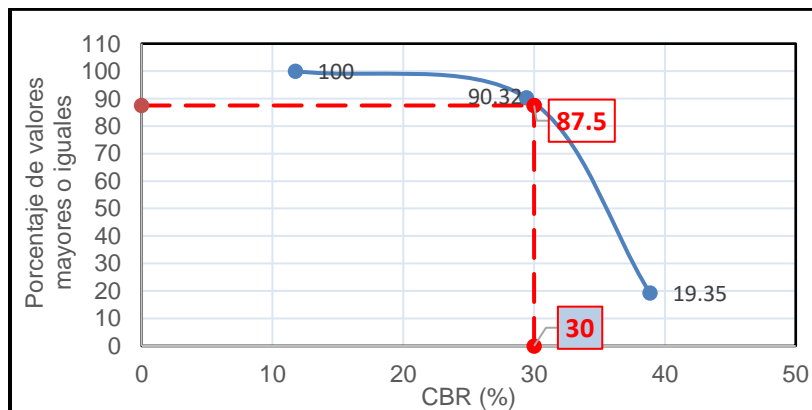
Para seleccionar el CBR de diseño, se ordenan los valores CBR de menor a mayor. A los cuales, se calculan el número y el porcentaje de valores de CBR. Posteriormente se realiza un gráfico CBR vs % de valores mayores o iguales, donde se intercepta el valor percentil para diseño de subrasante obtenido de los valores propuesto por Manual Centroamericano de Diseño de Pavimento (SIECA 2011), en la Tabla 37 se muestra los resultados del cálculo de CBR de diseño, mediante el ESAL´s calculado de **2,145,115.92**.

Tabla 37. Cálculo de CBR de diseño

Clasificación de Suelo	Valores de CBR (95%)	Frecuencia	No. Valores ≥	Porcentaje ≥
A-5	11.75	3	31	(31/31*100)=100
A-2-4	29.42	22	28	(28/31*100)=90.32
A-1-b	38.85	6	6	(6/31*100)=19.35
Σ		31		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. CBR de diseño para Subrasante



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante de **30%.**

4.3.2.8. Módulo Resiliente de la Subrasante

El Módulo de Resiliencia es la característica especial que define la propiedad de los materiales que conforman la subrasante, el cual se obtiene a partir de correlaciones con el valor de CBR de diseño, como se muestra a continuación:

Tabla 38. Valores recomendados para la Desviación Estándar

Rango de porcentaje de CBR	Ecuaciones
$CBR < 7.2\%$	$MR=1,500*CBR$
$7.2\% \leq CBR \leq 20.0\%$	$MR=3,000*(CBR)^{0.65}$
$CBR \geq 20\%$	$MR=4,326*\ln(CBR)+241$

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejó. Pág. 266.

Nota: El valor resultante de estas correlaciones se mide en unidades de lb/pulg².

CBR calculado=30% (CBR de diseño del tramo en estudio)

$$MR = 4,326 * \ln(CBR) + 241$$

$$MR = 4,326 * \ln(30) + 241 = 14,954.58 \text{ PSI}$$

4.3.2.9. Número Estructural (SN)

Existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formarán parte de la estructura de pavimento, como se representa a continuación:

- a1: Es la carpeta de rodamiento
- a2: Es la base
- a3: Es la subbase

Estos coeficientes representan la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes. Mediante el uso de nomogramas de la guía AASHTO-93, se determinó el coeficiente estructural de cada capa.

La expresión que correlaciona el SN con los espesores de cada capa según la AASHTO 93 es la siguiente:

$$SN = SN1 + SN2 + SN3$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Ecuación 12. Números Estructurales

Donde:

a_1 , a_2 , a_3 : Coeficientes estructurales de cada capa. Define la capacidad estructural del material para soportar cargas actuantes, son valores adimensionales.

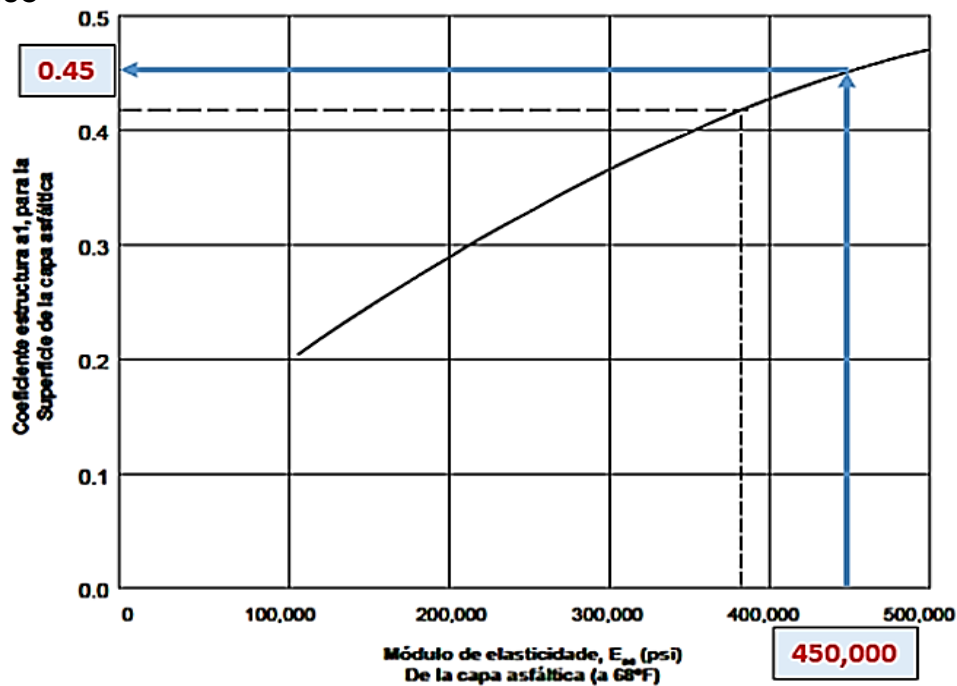
- m_1, m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje de la base y subbase respectivamente.

- D_1, D_2, D_3 : Espesores de las capas de superficie de rodamiento (Asfalto), base y subbase respectivamente; sus unidades de medidas pueden ser pulgadas (in) o centímetros (cm).

Determinación de los Coeficientes Estructurales a_1 , a_2 , a_3

Conociendo que el **módulo de elasticidad del asfalto es de 450,000 PSI**, el valor del coeficiente **a_1 es 0.45**, el cual fue obtenido con la ayuda del siguiente nomograma.

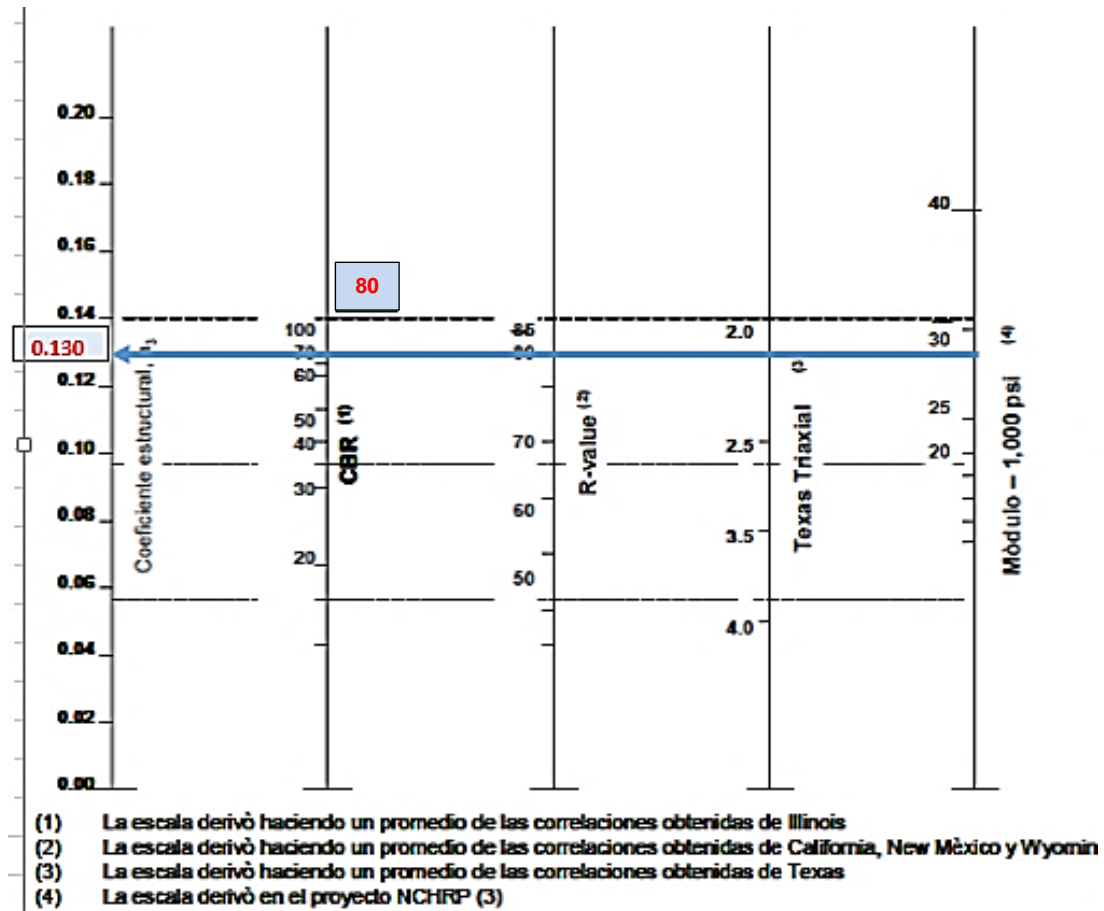
Gráfico 12. Coeficiente Estructural a partir del Módulo elástico del concreto Asfáltico



Fuente: Guía para el diseño de Estructura de Pavimento, 1993.

Considerando que el CBR mínimo para base según la NIC-2019 es 80% al 95% de compactación⁸, se encontró a través del nomograma de la AASHTO-93 el coeficiente estructural para la base, dando un resultado de **a2 igual a 0.130**, tal como se muestra en el siguiente nomograma. De este mismo se obtiene el **Módulo Resiliente del material para Base de 29,000 (lbs/pulg²)**.

Gráfico 13. Variación en el Coeficiente estructural de la capa de base

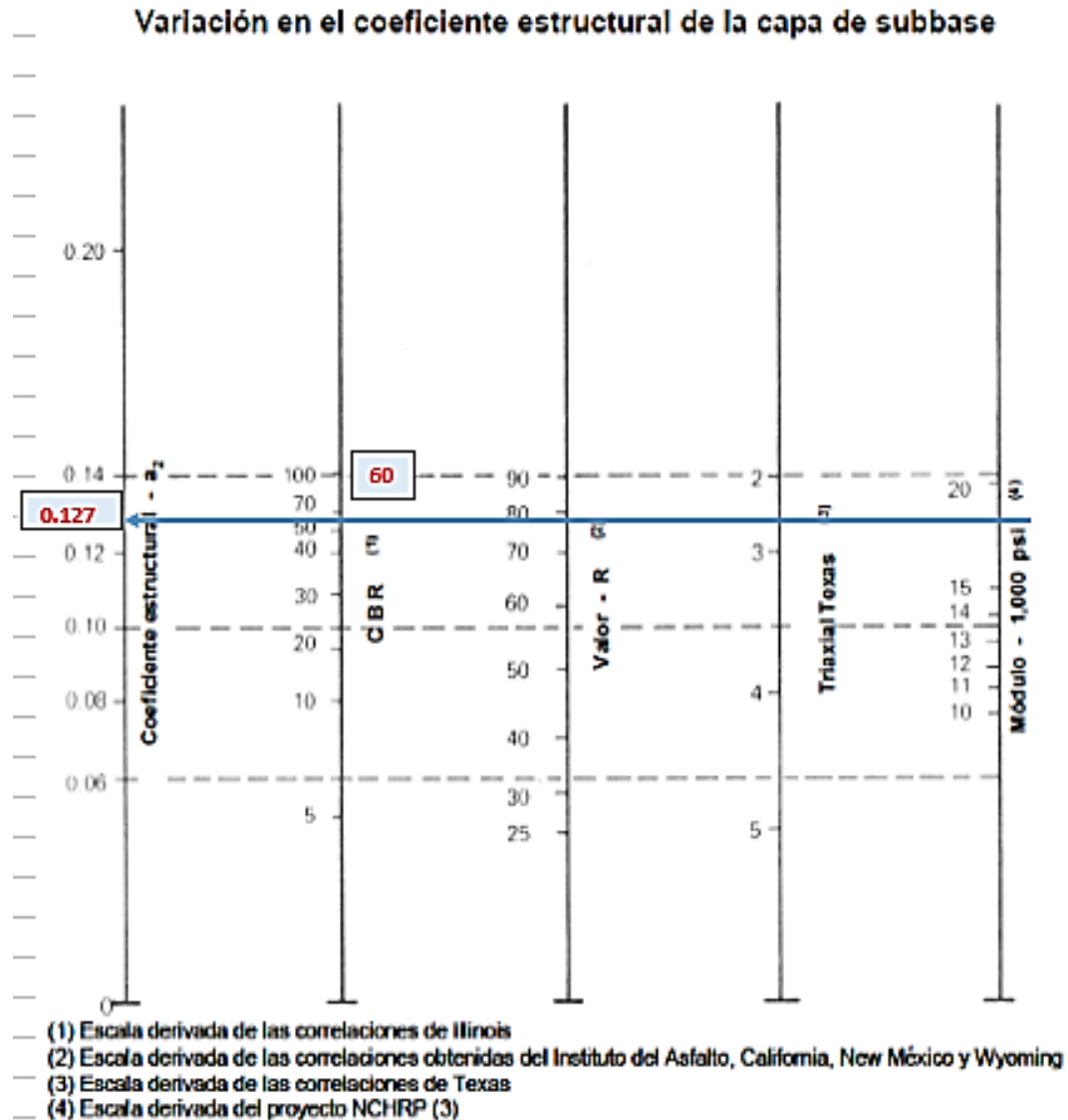


Fuente: Guía para el diseño de Estructura de Pavimento, 1993.

⁸ De acuerdo a los valores mínimos de CBR indicado en el Arto.1003.08 de la NIC-2019, para material de Base.

Tomando en cuenta el CBR del banco de material que es 60% al 95% de compactación⁹, se encontró a través del nomograma de la AASHTO-93 el coeficiente estructural para la subbase, dando un resultado de **a3 igual a 0.127**, tal como se muestra en el siguiente nomograma. De este mismo se obtiene el **Módulo Resiliente del material para Subbase de 18,500 (lbs/pulg²)**.

Gráfico 14. Variación en el Coeficiente estructural de la capa de subbase



Fuente: Guía para el diseño de Estructura de Pavimento, 1993.

⁹ De acuerdo a los valores mínimos de CBR indicado en la Arto.1003.08 de la NIC-2019, para material de Subbase.

Determinación de los Coeficientes de Drenaje m1, m2, m3

Según la AASHTO 93, el drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado parte importante del diseño de carreteras, sin embargo, la AASHTO no define métodos de diseño de drenaje específicos, pero indica que el diseñador debe de identificar qué nivel de drenaje debe alcanzarse bajo un conjunto de condiciones.

Para este caso el valor del **coeficiente de drenaje es igual a 1**, debido a que los ensayos de laboratorio se realizan con el CBR saturado que es la condición más crítica en la que se puede encontrar el material.

Determinación de los Espesores de la Estructura de Pavimento D1, D2, D3

Se debe considerar los parámetros de espesores mínimos que establece la Guía de Diseño AASHTO 1993, indicados en la siguiente tabla:

Tabla 39. Espesores Mínimos

ESAL´s de Diseño	Concreto Asfáltico (Pulg)	Base Granular (Pulg)
Menos que 50,000	1.0 (Tratamiento superficial)	4
50,001 – 150,000	2.0	4
150,001 – 500,000	2.5	4
500,001 – 2,000,000	3.0	6
2,000,001 – 7,000,000	3.5	6
Más que 7,000,000	4.0	6

Fuente: Guía de Diseño AASHTO 93, pag.25.

Para el desarrollo del diseño de pavimento por el método de AASTHO, se cuenta con método gráfico y software que calcula el SN (número estructural), a partir de los datos de serviciabilidad inicial y final, confiabilidad, desviación estándar, módulo resiliente de la capa, número de ejes equivalentes (W18). En la siguiente tabla se resumen los datos obtenidos de cada variable:

Tabla 40. Resumen de Variables de diseño

Variables	Datos
Periodo de diseño	20
ESAL's de Diseño	2,145,115.92
R	85%
ZR	-1.037
So	0.40
Po	4.2
Pt	2.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Características de los materiales

Material	Mr (PSI)	Coef. Estructural	Coef. De Drenaje
Concreto Asfáltico	450,000	0.45	-
Base Granular	29,000	0.13	1
Subbase Granular	18,500	0.127	1
Subrasante	14,954.58	-	-

Fuente: Elaboración propia.

La Ecuación 12 pág. 68, no tiene una única solución, hay prácticamente un infinito número de combinaciones de espesores que la pueden satisfacer. Para este proyecto el método utilizado se denomina “**Diseño con Verificación por Capas**”, a continuación, se hablará sobre estas normativas.

Esta metodología se basa en el concepto de que las capas granulares no tratadas deben estar protegidas de tensiones verticales excesivas que les producirían deformaciones permanentes. El proceso se realizó mediante el uso de las siguientes ecuaciones, las cuales se explican a continuación:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

Ecuación 13. Espesor de carpeta asfáltica

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2}$$

Ecuación 15. Espesor de Base

$$SN_1 = a_1 D_1 > SN_1$$

Ecuación 14. Número Estructural de carpeta asfáltica

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_2$$

Ecuación 16. Número Estructural de Base

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 m_3}$$

Ecuación 17. Espesor de Subbase

Mediante el SOFTWARE **Ecuación AASHTO 93 (2.0)**, se determinaron los números estructurales requeridos para proteger cada capa no tratada reemplazando el módulo resiliente de la subrasante por el módulo resiliente de la capa que está inmediatamente abajo. Así para determinar el espesor D1 de la capa de concreto asfáltico se supone un MR igual al de la base y así se obtiene el SN1 que debe ser absorbido por el concreto asfáltico. De igual forma se realizará para obtener los números estructurales y espesores de cada una de las capas, como se muestra en el Gráfico 15 pág.74, Gráfico 16 pág. 75, Gráfico 17 pág. 76.

Gráfico 15. Cálculo SN1, Carpeta Asfáltica

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento

☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

85 % $Z_r = -1.037$ So 0.40

Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 29000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis

☒ Calcular SN **W18 =** 2145115.92

☐ Calcular W18

Número Estructural

SN = 2.21

Observaciones

Calcular Salir

Fuente: Resultado de Software "Ecuación AASHTO 93".

Gráfico 16. Cálculo SN2, Base Granular

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
85 % $Z_r = -1.037$ So 0.40

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 18500 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)		Coefficiente de drenaje - (Cd)	

Tipo de Análisis
☒ Calcular SN **W18 =** 2145115.92 ☐ Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.62

Observaciones

Calcular Salir

Fuente: Resultado de Software "Ecuación AASHTO 93".

Gráfico 17. Cálculo SN3, Subbase Granular

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 85 % $Z_r = -1.037$ So <input type="text" value="0.40"/>	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial <input type="text" value="4.2"/> PSI final <input type="text" value="2.5"/>		Módulo resiliente de la subrasante Mr <input type="text" value="14954.58"/> psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) <input type="text"/>		Coeficiente de transmisión de carga - (J) <input type="text"/>	
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) <input type="text"/>		Coeficiente de drenaje - (Cd) <input type="text"/>	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural	
W18 = <input type="text" value="2145115.92"/>		SN = <input type="text" value="2.85"/>	
Observaciones <input type="text"/>			
<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Salir"/>	

Fuente: Resultado de Software "Ecuación AASHTO 93".

Cálculo de Espesores:

Sustituyendo los datos en la Ecuación 13 pág. 73, se tiene:

$$D_1 \geq \frac{2.21}{0.45}$$
$$D_1 \geq 4.91 \text{ pulg}$$

De acuerdo recomendado por la AASHTO, mostrado en la Tabla 39 pág.71, cumple con el espesor mínimo. Por lo tanto, se considerará un espesor de 5".

Conociendo que $D_1=5$ pulg, se calcula el SN_1 para el espesor empleado. Sustituyendo los valores en la Ecuación 14 pág. 73.

$$SN_1 = 0.45 * 5$$
$$SN_1 = 2.25$$

Para determinar el espesor mínimo de la base, se sustituyen los valores en la Ecuación 15 pág. 73.

$$D_2 \geq \frac{2.62 - 2.25}{0.127 * 1}$$
$$D_2 \geq 2.91$$

De acuerdo a lo recomendado por la AASHTO, mostrado en la Tabla 39 pág. 71, no cumple con el espesor mínimo para la Base granular. Por lo tanto, se considerará el espesor de 7", aumentando una pulgada al espesor mínimo establecido por la AASHTO, como factor de seguridad.

Conociendo que $D_2=7$ pulg, se calcula el SN_2 para el espesor empleado. Sustituyendo los valores en la Ecuación 16 pág. 73.

$$SN_2 = 0.127 * 1 * 7$$
$$SN_2 = 0.89$$

Por último, para la subbase se entra con el M_R correspondiente a subrasante y se obtiene $SN_3 = SN$ para todo el paquete estructural ya calculado. En este caso se sustituyen los valores en la Ecuación 17 pág. 73:

$$D_3 \geq \frac{2.85 - (2.25 + 0.89)}{0.13 * 1}$$
$$D_3 \geq -2.23 \text{ pulg}$$

Tomando en cuenta que hay buenos suelos en el tramo de estudio, este no requiere de capa de subbase para la estructura de Pavimento diseñada.

Verificando:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$3.14 \geq 2.85 \therefore \text{Cumple}$$

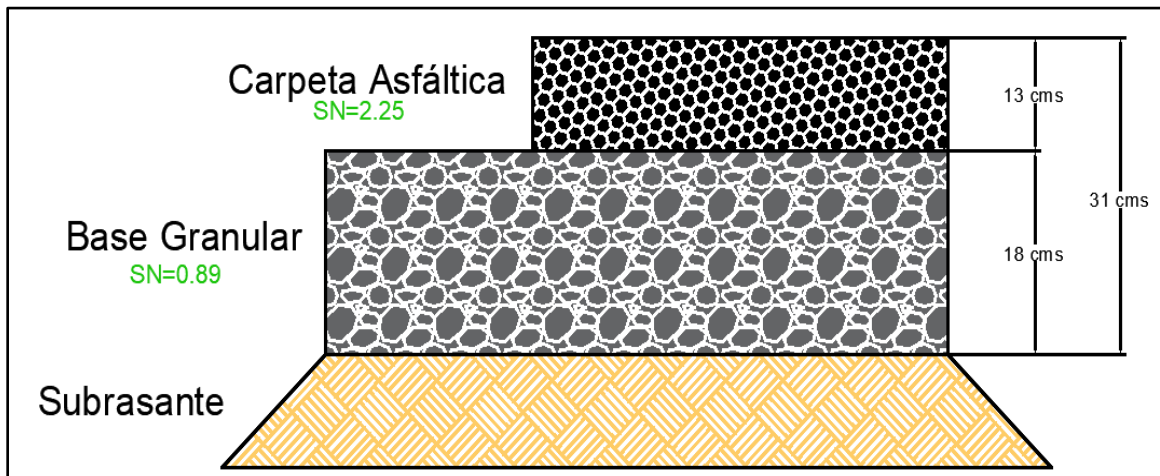
Los resultados del número estructural y espesor de cada capa, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 42. Números Estructurales y Espesores de capas

Capa	SN	Espesor	
		pulg	cms
Carpeta Asfáltica	2.25	5.0	13.00
Base Granular	0.89	7.0	18.00
Total	3.14	12.00	31.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 3. Estructura de Pavimento Flexible Propuesto



Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO V

ESTUDIO TOPOGRÁFICO



CAPÍTULO V. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

5.1. INTRODUCCIÓN

La topografía es fundamental para la localización física de la vía, ya que esta proporciona información de campo, donde se definen los alineamientos horizontales, secciones transversales, cálculo de volúmenes de obra, entre otras. Los cuales deben cumplir con las normas y principios del Diseño Geométrico.

El camino discurre a través de una topografía ondulada y montañosa. El alineamiento horizontal está constituido por curvas cortas y seguidas, lo que limitará el desarrollo de velocidades mayores a 50 Km/h. En lo que respecta al alineamiento vertical se presentan pendientes fuertes en pocos sectores, sin embargo, en las curvas verticales hay una alta presencia de pendientes superiores al orden del 8%.¹⁰

5.2. REVISIÓN DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico se revisó, tomando en cuenta algunos aspectos, de los capítulos III y V, del Manual para la revisión de Estudios Topográficos, del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Los cuales cumplen con los aspectos necesarios de un levantamiento topográfico que se mencionan a continuación:

- a) Equipos de levantamiento utilizados:** Se aplicó el Método de Poligonación, mediante una estación total marca Leica Modelo TC 805, con una de precisión 1/5000 siendo esta mayor a la mínima recomendada. (Ver Tabla 43, pág.80).

Por lo tanto, dichos parámetros cumplen con lo establecido en el manual antes mencionado, ya que se aplicó la precisión y métodos del levantamiento de acuerdo a la clasificación funcional de la vía “Colectora Secundaria”.

¹⁰ Informe Final de Ingeniería El Boquete – Santa Ana, MTI. Pag 66.

Tabla 43. Valores propuestos recomendados de precisiones y métodos del Tipo de Levantamiento a realizar en Función de la Clasificación Funcional existente

N°	Clasificación funcional de la vía	Código	Tipo de levantamiento poligonal base	Precisión recomendada
01	Troncales principales	I	Método de poligonación	1 / 5,000
02	Troncales Secundarias	II	Método de poligonación	1 / 4,000
03	Colectoras principales	III	Método de poligonación	1 / 3,000
04	Colectoras secundarias	IV	Método de poligonación	1 / 2,500
05	Caminos vecinales	V	Método de poligonación	5 / 2,000
06	Trochas y veredas	VI	Método tradicional	-

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios Topográficos, MTI, pag.28.

b) Procesos de Georeferenciación: Se utilizó la Metodología del Proceso de Georeferenciación con GPS estacionario de doble frecuencia con un periodo de tiempo estacionario mínimo de 60 minutos con utilización de una Estación Base de la Red Geodésica Nacional (2952-III-8).¹¹

Estas estaciones de control fueron materializadas en el terreno mediante monumentos de concreto de 20x20x60 cm, sobre la parte superior de cada monumento se colocó un disco de metal anticorrosivo de 6 cm, de acuerdo a los términos de referencia del proyecto solicitado por el MTI. Los monumentos fueron ubicados en lugares cuidadosamente seleccionados y que fueran ínter visible.¹²

¹¹ Manual para la Revisión de Estudios Topográficos, MTI, pag.25

¹² Manual para la Revisión de Estudios Topográficos, MTI, pag.26

Figura N° 4. Estilo BM's ubicado en el camino



Fuente: Imagen capturada en el tramo de estudio (Propia).¹³

En la Tabla 44, se presenta las Coordenadas en Sistema UTM Z-16 WGS84 de los 22 BM's correspondiente al tramo de estudio. En la Figura N° 5, pág. 82 y Figura N° 6, pág. 83, se detallan la ubicación de cada punto.

Tabla 44. Coordenadas UTM Z-16 WGS84 de la Estación Base de la Red Geodésica Nacional y Georreferenciación con GPS y Estación Total

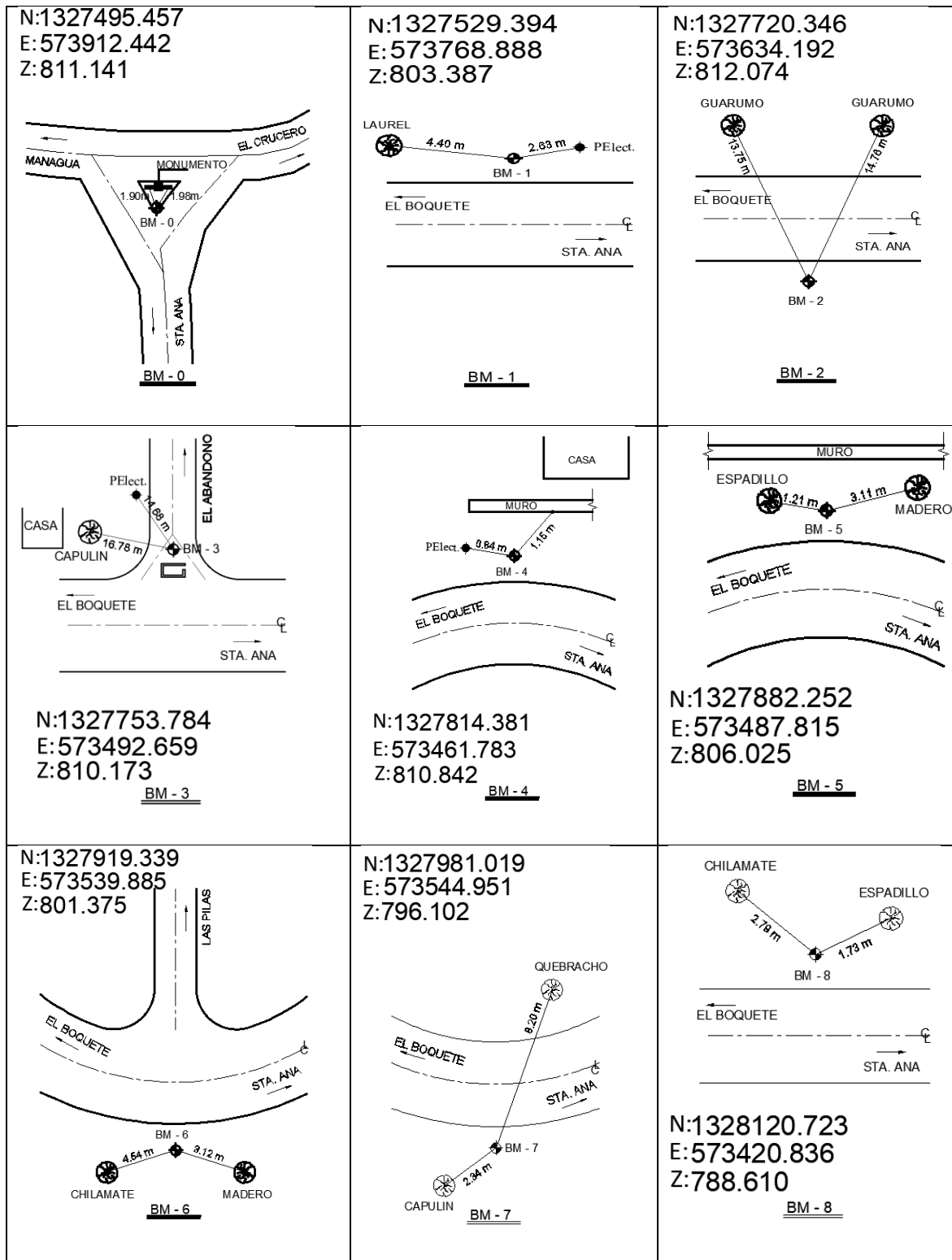
Punto Establecido con Estación Total	Punto Establecido con GPS de Doble Frecuencia	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)	Elevación (m)
-	2952-III-8	1,338,251.313	572,810.328	236.118
1	GPS_01	1,327,443.515	573,932.180	813.935
2	GPS_02	1,327,516.020	573,920,825	811.520

Fuente: Informe de Estudio Topográfico El Boquete – Santa Ana, MTI.

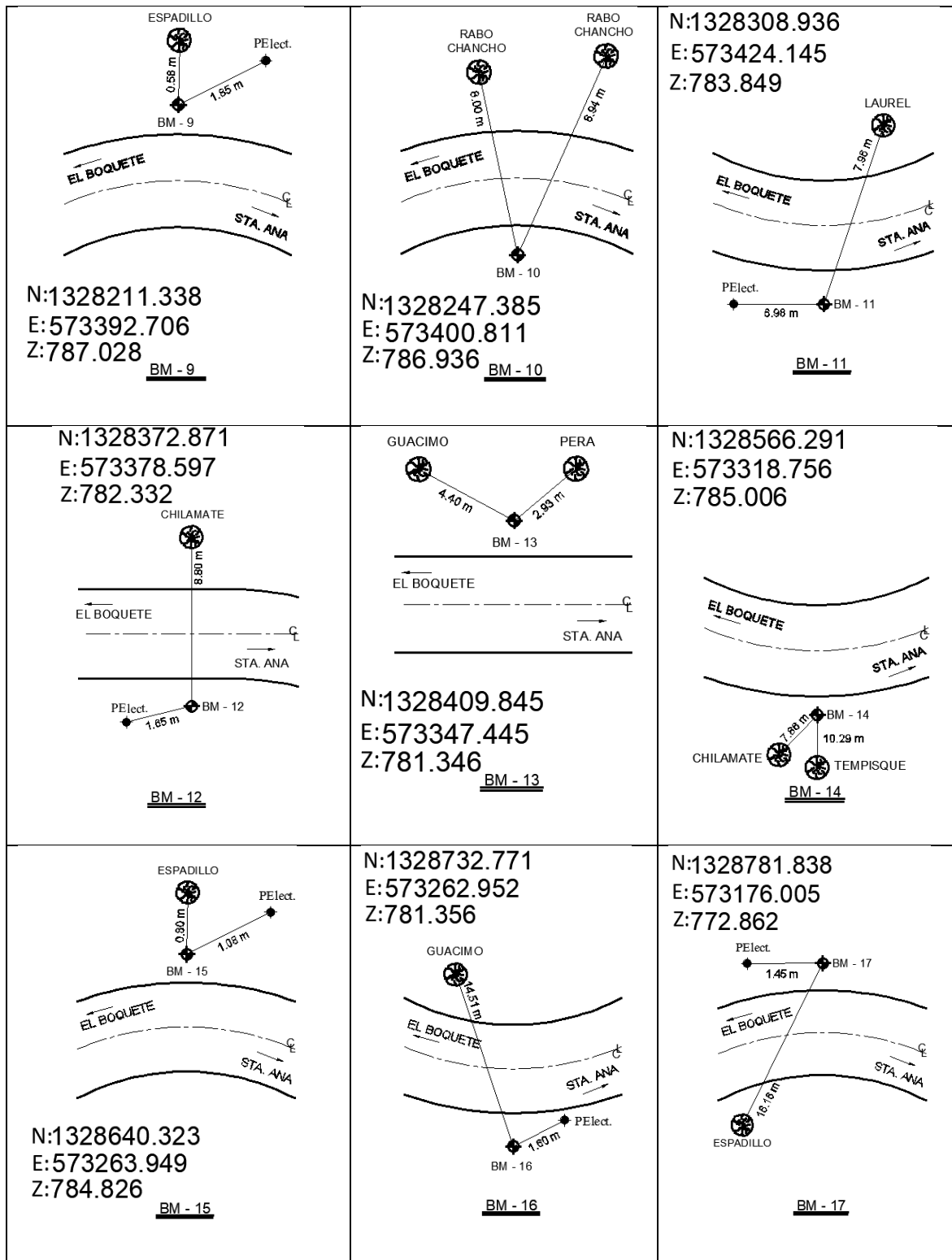
c) Levantamiento Alti – Planimétrico del Camino: Dentro del Tramo en estudio fueron establecidos 22 BM's, numerados del 0 al 21 en el levantamiento de campo. Se establecieron dos GPS de referencia nombrado como GPS 1 y 2 (Ver Figura N° 5, pág. 82 y Figura N° 6, pág. 83).

¹³ Imagen Izquierda BM 8, Imagen Derecha BM 22.

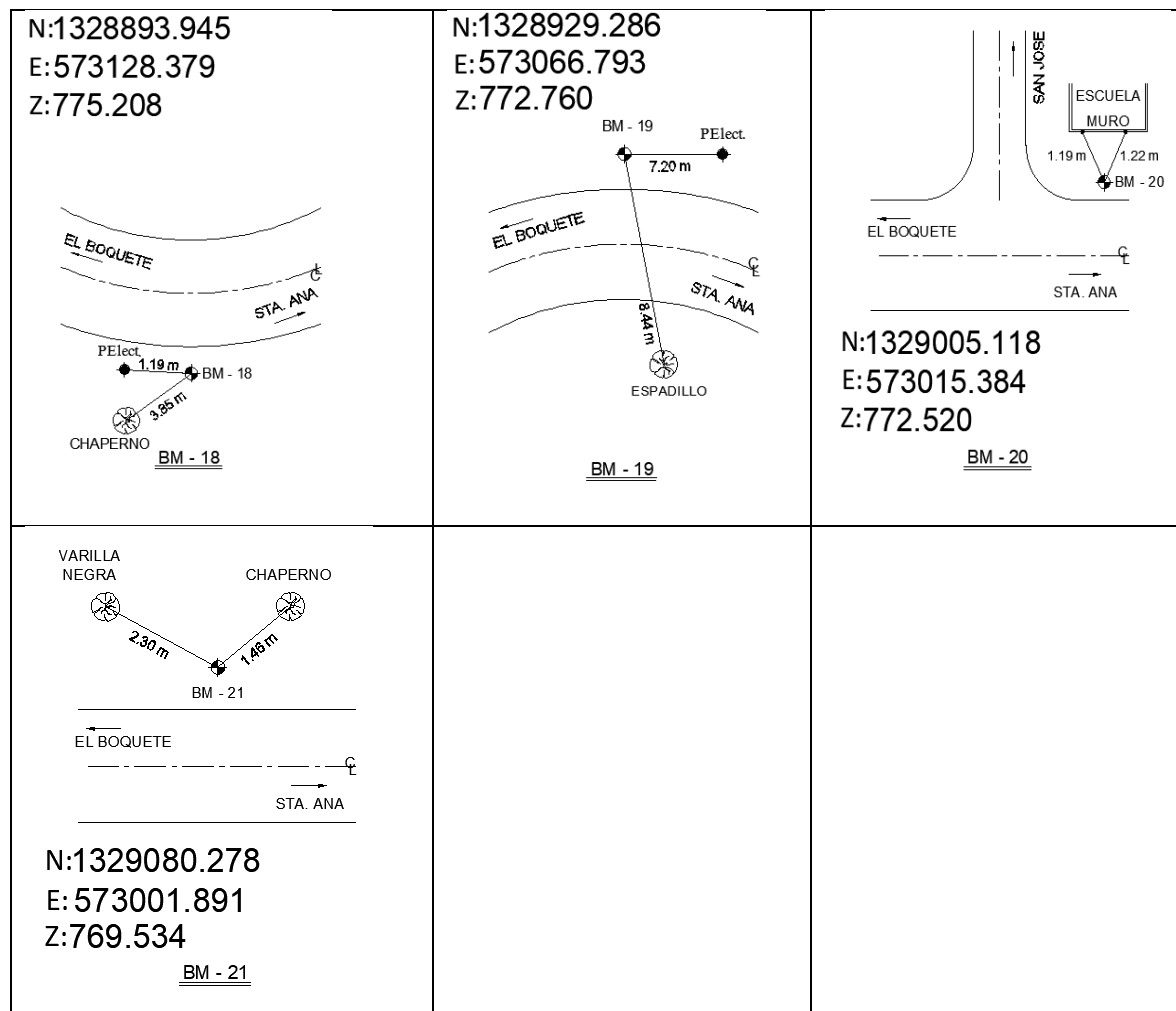
Figura N° 6. Localización de BM's Construidos



Continuación de Localización de BM's Construidos.



Continuación de Localización de BM's Construidos.



Fuente: Informe de Estudio Topográfico El Boquete – Santa Ana, MTI

d) Información de puntos levantados: El resumen final del listado de punto de línea base (PLB), fue presentado en archivo txt con sus coordenadas tridimensionales (N, E, Z).¹⁴

¹⁴ Manual para la Revisión de Estudios Topográficos, MTI, pag.25,40-41.

e) Levantamiento de secciones transversales e infraestructura

existente: Apoyándose en los puntos de la Poligonal Base se procedió al levantamiento alti – planimétrico de las secciones transversales cada 20 metros, en algunos sitios del proyecto se levantaron cada 10 metros para obtener una mejor configuración del camino. También se hizo el levantamiento de la infraestructura existente (casas postes de teléfono y energía, árboles, escuelas, etc.) utilizando los puntos de la Poligonal Base como amarre de coordenadas ¹⁵

En la lista de códigos que se presenta a continuación en la Tabla 45, se menciona la descripción para identificar los puntos levantados de la Poligonal Rotada, dichos puntos fueron medidos en Coordenadas UTM sistema WGS84.

Tabla 45. Códigos de Levantamiento Topográfico

Código	Descripción	Código	Descripción
2	Bm construido	41	Llave de pase
3	Auxiliar	43	Cerco
4	Terreno natural	46	Muro
6	Línea central	48	Casa
15	Orilla c. revestido	49	Caseta
19	Cuneta	50	Portón
23	Vado	51	Gradas
24	Acera	56	Señal
25	Anden	72	Pila
26	Árbol	86	Base de concreto
27	P. Enel	93	Losa Concreto
31	Medidor de agua potable	97	Estadio
32	Caja de registro	99	Vano
33	Válvula de agua	100	Teléfono
36	Pozo de agua	200	Sin Ref.
37	Letrina	201	Sin Ref.

Fuente: Informe de Estudio Topográfico El Boquete – Santa Ana, MTI.

¹⁵ Manual para la Revisión de Estudios Topográficos, MTI, pag.29-30.



CAPITULO VI

DISEÑO GEOMÉTRICO



CAPÍTULO VI. DISEÑO GEOMÉTRICO

6.1. INTRODUCCIÓN

Es un método que consiste en la determinación geométrica para trazar una vía o carretera, partiendo de algunas condiciones como la topografía del terreno, volúmenes de tránsito y sus velocidades de operación, factores sociales y urbanísticos.

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.¹⁶

Entre los elementos más importantes para el diseño de carretera están: distancia de visibilidad, sobreelevación o peralte, ancho de calzada, alineamientos horizontal y vertical, entre otros como la sección transversal, la capacidad y nivel de servicio.

La realización de este diseño consiste en el mejoramiento del camino existente, mediante el trazado geométrico.

6.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE VÍAS

Los factores que influyen en el diseño de una vía se clasifican en externos e internos; los externos están relacionados con la topografía, la geología del terreno, el volumen y las características del tránsito, entre otros. Los internos contemplan las velocidades a considerar en el diseño y los efectos operacionales de la geometría. Los factores externos correspondientes al estudio de suelo y estudio de tránsito, fueron desarrollados en los Capítulos II y III de este documento, respectivamente.

¹⁶ Afirmación hecha por Cárdenas (2013), Pag 37.

6.3. COMPONENTES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

6.3.1. Vehículo de diseño

Debido a las dimensiones tan variables de los vehículos que circulan por la red de carreteras, es necesario establecer un vehículo representativo para cada clase para su uso en el diseño geométrico, que le brinden al diseñador los controles y elementos a los que debe ajustar el diseño para facilitar su circulación sin restricciones. De cada tipo de vehículo que se utiliza en el diseño geométrico, se seleccionan los de dimensiones físicas y de radio de giro mayores, para adoptar las condiciones más desfavorables, con el objetivo específico de diseñar con estándares altos que proporcionen mayor seguridad vial.

En el capítulo III de este documento correspondiente al estudio de tránsito, se indicó el tránsito de diseño para los tipos de vehículos que se esperan circulen con mayor frecuencia en la vía. Como resultado de los estudios de tránsito realizados para el proyecto; se obtuvo que el vehículo T3S2 presentará mayor frecuencia en la carretera. Durante la realización del Diseño Geométrico, este vehículo se identificará con la simbología de WB-15, tal como lo indica la AASHTO. Las características Estructurales Funcionales-Operativas del Vehículo de Diseño se indican en la Figura N° 26, Anexo pág. XXIX, Tabla 97 y Tabla 98, pág. XXX.

6.3.2. Tipo de terreno

La topografía del terreno varía entre plana a ondulada y en algunos sitios hasta montañosa; para efectos de un diseño conservador se tomará en cuenta la condición más desfavorable, correspondiente a una velocidad de diseño de 50 KPH (Ver Tabla 46, pág. 89). Sin embargo, para el resto de los elementos se considera un tipo de terreno ondulado ya que es la característica topográfica que prevalece en los 2.10 Km.

Tabla 46. Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes P (%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \leq 30$

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico, SIECA 2011, Pág. 116.

Tabla 47. Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales (Resumen)

No	Descripción	Autopistas Regionales			Troncales						Colectores					
					Suburbanas			Rurales			Suburbanas			Rurales		
1	TPDA, Vehículos promedio diario	>20,000			20,000 a 10,000			10,000 a 3,000			3,000 a 500			3,000 a 500		
2	VHD, Vehículos por hora	>2,000			2,000 - 1,000			1,500 - 450			300 - 500			450 - 75		
3	Factor de hora pico, FHP	0.92			0.92			0.95 a 0.91			0.92			0.85		
4	Vehículo de diseño	WB-20			WB-20			WB-20			WB-15			WB-15		
5	Tipo de Terreno	P	O	M	P	O	M	P	O	M	P	O	M	P	O	M
6	Velocidad de diseño o Directriz, Km/hora	110	90	70	90	80	70	80	70	60	70	60	50	70	60	50
7	Número de Carriles	4 a 8			2 a 4			2 a 4			2			2		

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2da.Edición SIECA 2004.Pag.13

6.3.3. Normas de Diseño

- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 2011, 6ta Edición.
- Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA) 2011, 3ra Edición.¹⁷

6.3.4. Tasa de Sobreelevación o Peralte

El peralte se define como la inclinación transversal en relación con la horizontal, la cual se da en la calzada hacia el interior de la curva, para que los vehículos que transitan en una curva horizontal del alineamiento contrarresten el efecto de la fuerza centrífuga, evitando así que el vehículo se salga de la vía.

La AASHTO para el Diseño Geométrico, recomienda un peralte máximo de acuerdo al tipo de terreno del camino. Sin embargo, no puede excederse del 12% para vías rurales. Para vías urbanas el máximo llega hasta el 4 o 6%.

De acuerdo a la siguiente tabla se seleccionó el peralte máximo para el tipo de área rural montañosa que corresponde a un 10%.

Tabla 48. Factores de sobreelevación para diferentes tipos de área donde se localicen las carreteras

Tasa de sobreelevación, “e” en (%)	Tipo de Área
10	Rural montañoso
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales, SIECA 2004, pág. 127.

¹⁷ Además, se complementará información con lo indicado en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. 2004, 2da Edición.

6.3.5. Velocidad de Diseño o Velocidad Directriz

La velocidad de diseño o Velocidad Directriz, es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. Esta debe ser consistente con la topografía, el uso de la tierra adyacente y la clasificación funcional de la carretera.

Una vez seleccionada, las características de la carretera se relacionan con la velocidad de diseño para obtener un diseño equilibrado, usando valores de diseño arriba de los mínimos donde sea posible. Algunas características del diseño tales como curvatura, peralte y distancia de visibilidad están directamente relacionadas con la velocidad de diseño y varían apreciablemente dentro de ella. Otras características tales como anchos de carriles, hombros y separaciones a muros o barandas, no están directamente relacionados con la velocidad de diseño, pero afectan la velocidad de los vehículos.

En autopistas y carreteras arteriales principales, en áreas rurales, debe seleccionarse una velocidad de diseño de 110 KPH. En carreteras colectoras de carriles múltiples, en áreas suburbanas y rurales, las apropiadas velocidades de diseño son de 80 a 100 KPH. En carreteras colectoras, el rango de velocidad debe ser de 30 a 80 KPH y rango de velocidades de 20 a 60 KPH pueden utilizarse en carreteras vecinales.¹⁸

Tabla 49. Velocidades de diseño en Km/h, en función del TPDA y Topografía del terreno

Tipo de Terreno	Volúmenes de tránsito Diario o TPDA, en vpd			
	>20,000	20,000 a 10,000	10,000 a 3,000	3,000 a 500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2da. Edición 2004. Pag 4-3.

¹⁸ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial. 2011, 3ra Edición. Pag.56

Siendo conservadores se seleccionó la Vd de 50kph indicada en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2004, la cual está dentro de los rangos sugeridos por el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2011 para carreteras colectoras.

Una vez seleccionada la Velocidad de Diseño, partiendo de la siguiente tabla se define el Radio Mínimo.

Tabla 50. Radios Mínimos, en función de la Velocidad

METRICO					
Velocidad de Diseño (Km/h)	Máximo e (%)	Máximo f	Total (e/100+f)	Radio Calculado (m)	Radio Redondeado (m)
15	10.00	0.40	0.50	3.5	4
20	10.00	0.35	0.45	7.0	7
30	10.00	0.28	0.38	18.6	19
40	10.00	0.23	0.33	38.2	38
50	10.00	0.19	0.29	67.9	68
60	10.00	0.17	0.27	105.0	105
70	10.00	0.15	0.25	154.3	154
80	10.00	0.14	0.24	210.0	210
90	10.00	0.13	0.23	277.3	277
100	10.00	0.12	0.22	357.9	358
110	10.00	0.11	0.21	453.7	454
120	10.00	0.09	0.19	596.8	597
130	10.00	0.08	0.18	739.3	739

Fuente: AASTHO A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011.

6.3.6. Factor Máximo de Fricción Lateral

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo, estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo, mientras que la sobreelevación o peralte depende las condiciones climáticas, tipo de área, urbana o rural, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno. Este puede ser calculado mediante la siguiente ecuación.

$$f = \frac{v^2}{127R} - 0.01e$$

Ecuación 18. Coeficiente de fricción lateral

Donde:

f: Factor máximo de fricción lateral

v: Velocidad de diseño

R: Radio mínimo de curvatura

e: Peralte máximo

El Coeficiente de Fricción Lateral “f”, para una velocidad de diseño de 50Km/h, radio mínimo de 68 m y un Peralte Máximo “e” de 10%, es de 0.19. Tal como se indica en la Tabla 50, pág. 92.

6.3.7. Distancia de Visibilidad

La distancia de visibilidad es la longitud de la carretera que puede ver el conductor, la cual se puede distinguir entre visibilidad requerida para realizar con seguridad determinadas maniobras y visibilidad disponible. Se divide en:

6.3.7.1. Visibilidad de parada (DVP)

Es la distancia que tiene el conductor en una carretera hacia delante de ver un objeto que sale de forma inesperada (Percibir-Reacción) y aplicar los frenos hasta detenerse en una forma cómoda y segura sin colisionarlo.

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales, SIECA (2011) plantea que:

La distancia de visibilidad de parada en su primer componente “d1”, se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática:

$$d1 = 0.278 vt \text{ (metros)}$$

Ecuación 19. Primer Componente de Visibilidad de parada

Donde:

v = Velocidad inicial Km/h

t = Tiempo de percepción y reacción (2.5 Seg)¹⁹

La distancia de frenado en su segundo componente “d2”, se calcula por medio de la expresión que se muestra a continuación:

$$d2 = 0.039 \frac{V^2}{a}$$

Ecuación 20. Segundo Componente de Visibilidad de parada

Donde:

V = Velocidad inicial Km/h

a= Tasa de desaceleración (3.4 m/seg²)²⁰

Cuando la carretera está en una pendiente longitudinal, la ecuación de distancia de visibilidad de parada debe modificarse y calcularse con la siguiente expresión:

$$d = 0.278 Vt + \frac{V}{254 \left(\left(\frac{a}{9.81} \right) \pm G \right)}$$

Ecuación 21. Distancia de Visibilidad en Pendiente Longitudinal

¹⁹ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pag 76.

²⁰ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pag 76.

Tabla 51. Distancia de Visibilidad de Parada en Caminos Planos²¹

Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de reacción (m)	Distancia de frenado (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada	De diseño
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105

Fuente: AASHTO A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011.

Tabla 52. Distancia de Visibilidad de Parada Horizontal y con Pendiente Vertical

Velocidad (Km/h)		20	30	40	50	60	70	80
Pendiente en Ascenso +i%	12	17	29	41	56	72	90	110
	10	17	29	42	57	74	92	112
	8	18	30	43	58	75	94	115
	6	18	30	44	59	77	97	118
	4	18	30	44	60	79	99	121
	2	19	31	45	62	81	102	125
Calculado Horizontal	0	18.5	31.2	46.2	63.4	83.0	104.9	129
Redondeado Horizontal	0	20	35	50	65	85	105	130
Pendiente en Descenso -i%	2	20	32	48	65	85	108	133
	4	20	33	50	67	88	112	138
	6	20	33	50	70	92	116	144
	8	20	35	52	72	95	121	151
	10	21	36	53	75	99	127	158
	12	21	37	56	78	105	134	167

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales, SIECA 2011, Pag77.

La distancia de visibilidad de parada en caminos planos es de 65m según la Tabla 51, en cambio para caminos con pendientes la distancia depende de cada cambio de porcentaje de pendiente, mostrada en la Tabla 52.

²¹ Esta información, también se encuentra en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011. Donde la DVP varía de 57 a 63 metros.

6.3.7.2. Visibilidad de rebase (DVR)

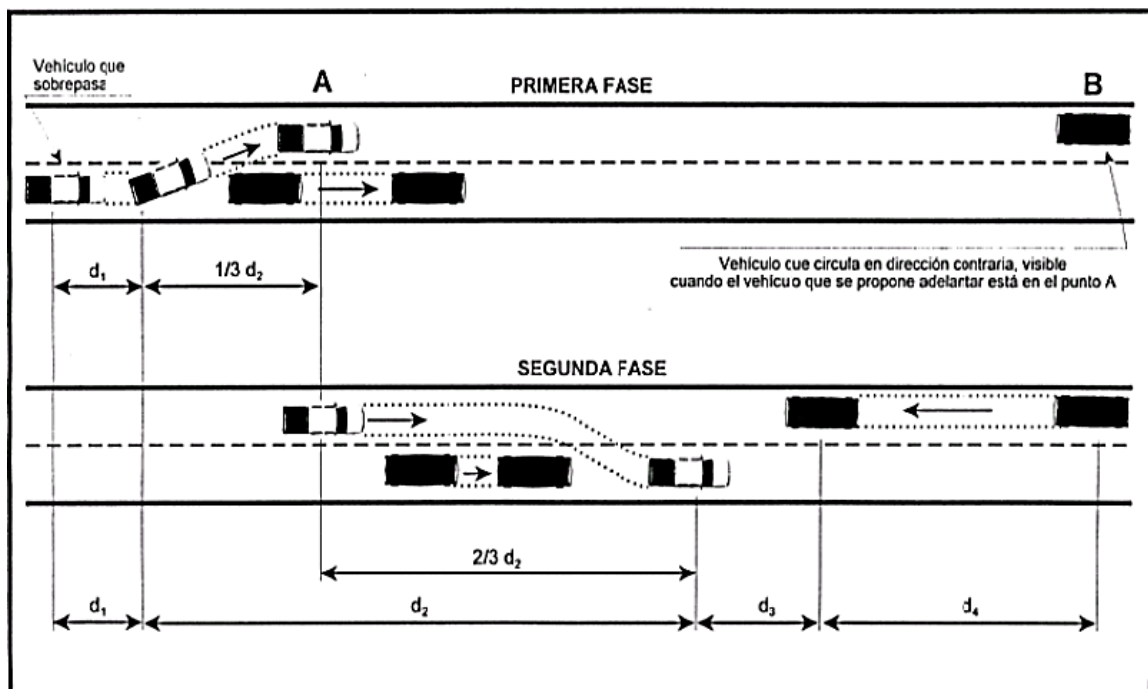
Distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.

Tabla 53. Distancia de Visibilidad de Rebase

Velocidad de diseño (Km/h)	Velocidades asumidas		Distancia de visibilidad de rebase (m)
	Vehículo rebasado	Vehículo que rebasa	
30	11	30	120
40	21	40	140
50	31	50	160
60	41	60	180
70	51	70	210
80	61	80	245

Fuente: AASHTO A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011.

Gráfico 18. Etapas de la maniobra para adelantamiento en carreteras de dos carriles



Fuente: AASHTO A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011.

6.3.8. Pendiente Transversal o Bombeo

La pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles en tangente, debe ser del 2.0 por ciento del centro de la sección hacia fuera. Cuando existan más de dos carriles por sentido, cada carril adicional irá incrementando su pendiente transversal entre 0.5 y 1.0 por ciento. En áreas de intensa precipitación pluvial, la pendiente de los carriles centrales puede incrementarse a 2.5 por ciento, con un medio por ciento incrementado en los carriles contiguos hacia fuera, pero sin superar un 4.0 por ciento. Por lo que se propone un bombeo del **2%**.²²

Tabla 54. Bombeo Normal de la Calzada

Tipo de Superficie	Rango de Pendiente Transversal
Alto	1.5 – 2.0
Bajo	2.0 – 6.0

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA 2011. Pág. 139.²³

6.3.9. Pendiente Longitudinal Máxima

Relacionando el tipo de terreno montañoso con una velocidad de diseño de 50 Km/h, la ASSHTO para Diseño Geométrico, establece una pendiente longitudinal máxima del 14%, indicado en la tabla, a continuación:

Tabla 55. Pendiente Longitudinal Máxima

	Grado Máximo (%) para Velocidad de Diseño Especificada (Km/h)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9	8	7	7	7	7	6	6	5
Ondulado	12	11	11	10	10	9	8	7	6
Montañoso	17	16	15	14	13	12	10	10	-

Fuente: AASHTO A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011.

²² Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011.

²³ AASHTO 2004, pág. 310.

6.3.10. Alineamiento Horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

6.3.10.1. Transición de Sobre-elevación

Cuando existe un cambio de una sección con bombeo en tangente a una sección totalmente peraltada o sobre elevada, se necesita un tiempo apreciable para que el automóvil recorra una cierta distancia, a la cual llamamos “longitud de transición”.

El diseño de longitudes de transición en el alineamiento horizontal, incluye la transición del bombeo normal de una sección transversal en tangente al peralte necesario en curva y las curvas de transición entre tangente y curva circular que se incorporan en el alineamiento horizontal. La transición del peralte se efectúa en dos distancias: (1) la Distancia de Bombeo (DB) la cual es la longitud de carretera en la cual el peralte negativo de la sección transversal en tangente se gira hasta un peralte 0% y (2) la Distancia de Transición (Lr) en la cual el peralte 0% continúa girando hasta el peralte e% que le corresponde a la curva según la velocidad de diseño y su radio. Por razones de seguridad y comodidad, la rotación de la sección transversal del pavimento debe efectuarse en una longitud que no sea perceptible para el conductor y para mejorar la apariencia, las orillas del pavimento no deben presentar distorsiones al conductor.

La longitud mínima de transición y la distancia de bombeo, se calcula de la siguiente forma:

$$L_r = \frac{(Wn_1)e_d}{\Delta} (b_w)$$

Ecuación 22. Longitud mínima de Transición

Donde:

Lr: Mínima longitud de transición del peralte, m

Δ : Máxima pendiente relativa

ed: Tasa de peralte requerido, porcentaje

$$Db = \frac{e_{NC}}{e_d} * Lr$$

Ecuación 23. Distancia de Bombeo

Donde:

Db: Distancia de Bombeo

e_{NC} : Pendiente transversal, porcentaje (bombeo)

e_d : Tasa de peralte requerido, porcentaje

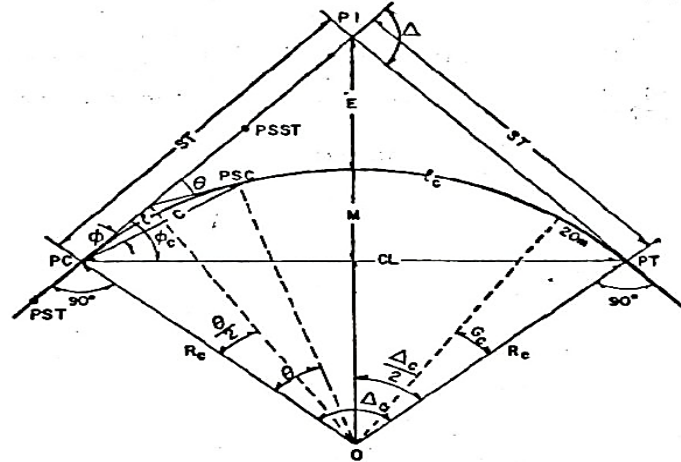
Lr: Longitud mínima de transición del peralte, m

6.3.10.2. Tipos de Curvas

- **Curvas circulares simples**

Las curvas horizontales simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. Por lo tanto, las curvas reales del espacio no necesariamente son circulares.

Figura N° 7. Elementos de una curva circular simple



Fuente: Diseño Geométrico de caminos usando el módulo SCT, (2012).²⁴

²⁴ <https://civilcad.com.mx/disenio-geometrico-de-caminos-sct/>

PC: Punto donde comienza la curva circular

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PT: Punto donde termina la curva circular simple

PST: Punto sobre tangente

PSST: Punto sobre sub tangente

PSC: Punto sobre curva circular

O: Centro de la curva circular

Δ : Ángulo de deflexión de las tangentes (“D” de acuerdo a planos, ya que en los planos el ángulo Δ representa el ángulo central formado entre las tangentes).

Δ_c : Ángulo central de la curva circular.

R: Radio de la curva, en el gráfico aparece como “Rc”

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127.14 * |e_{\max} + f|}$$

Ecuación 24. Radio Mínimo

Donde:

V: Velocidad de diseño en Km/h

E_{\max} : Peralte máximo

f: Factor de fricción lateral

$$G_c = \frac{1145.92}{r}$$

Ecuación 25. Grado de Curvatura

Gc: Grado de curvatura, es el ángulo subtendido por un arco de 20 m, el grado máximo de curvatura que puede tener una curva, es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad con la sobreelevación máxima a la velocidad de proyecto.

$$T = r * \tan \frac{\Delta}{2}$$

Ecuación 26. Tangente

Tangente (T): En la Figura N° 7, pág. 99, aparece como ST (Sub tangente) es el segmento de recto entre el PC y el PI, o segmento PT-PI.

$$L_c = \frac{\pi * r * \Delta}{180}$$

Ecuación 27. Longitud de curva

Lc: Longitud de curva comprendiendo entre el PC y el PT

$$E = T * \tan \frac{\Delta}{4}$$

Ecuación 28. Externa

E: Externa, es la distancia mínima entre el PI y la curva

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

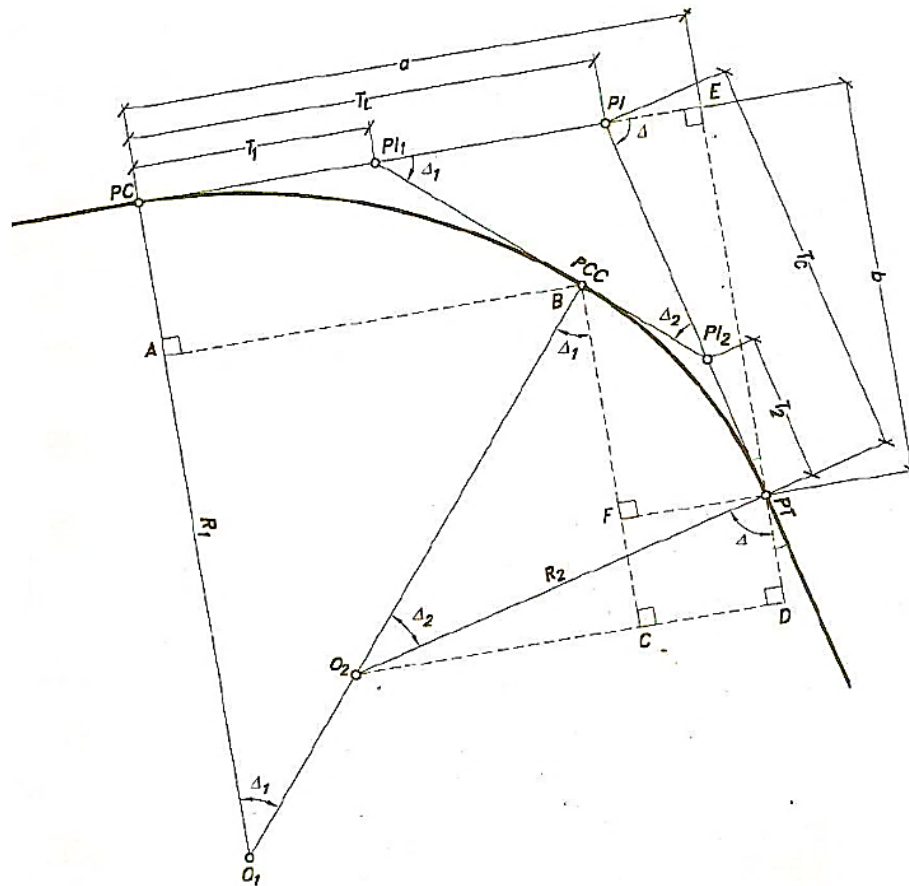
Ecuación 29. Ordenada media

M: Ordenada media, es la distancia desde el punto medio de la curva al punto medio de la cuerda larga (CL).

- **Curvas circulares compuesta**

Son formadas por una sucesión de curvas de diferente radio. En el punto de contacto o de unión de dos de estas curvas, que se denominan PCC, puede trazarse una tangente a ambas, y los puntos de tangencia inicial y final de una curva compuesta con las tangentes de una línea de proyecto se denominan como en las curvas simples, PC y PT.

Figura N° 8. Elementos de la curva circular compuesta



Fuente: Curvas compuestas, Robbin Gomez 9799075, (2016)²⁵

PC: Principio de la curva compuesta

PI: Punto de intersección de las tangentes

PT: Fin de la curva compuesta o principio de tangente

PCC: Punto común de curvas o punto de curvatura compuesta – Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda

R_1 : Radio de la curva de menor curvatura o mayor radio

R_2 : Radio de la curva de mayor curvatura o menor radio

O_1 : Centro de la curva de mayor radio

O_2 : Centro de la curva de menor radio

Δ : Ángulo de deflexión principal

²⁵ <https://www.slideshare.net/RobinGomezPea/curvas-compuestas-robin-gomez-9799075>

Δ_1 : Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio

Δ_2 : Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio

T1: Tangente de la curva de mayor radio

T2: Tangente de la curva de menor radio

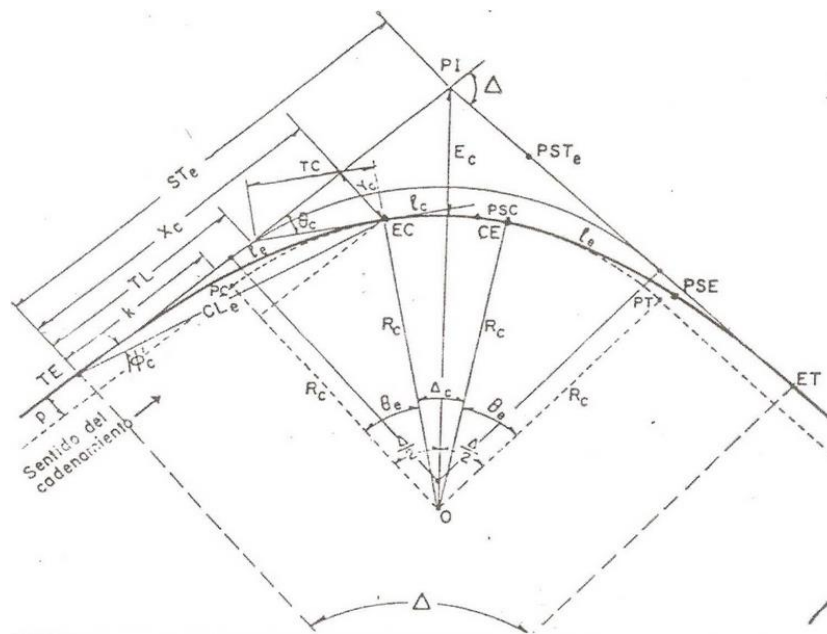
TL: Tangente larga de la curva circular compuesta

TC: Tangente corta de la curva circular compuesta

- **Curvas Espirales de transición**

Es una curva que permite un cambio gradual de curvatura entre una recta y una curva circular, mejorando de manera ostensible la comodidad, seguridad y estética en una vía.

Figura N° 9. Elementos de una curva espiral de transición



Fuente: Vías Terrestres, Espirales de Transición en curvas circulares (2013)²⁶

Donde:

PI: Punto de intersección de las tangentes

TE: Punto donde termina la tangente y empieza la espiral

²⁶ <http://vtfimmxl.blogspot.com/2013/03/espirales-de-transicion-en-curvas.html>

EC: Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular
 CE: Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral
 ET: Punto donde termina la espiral y empieza la tangente
 PSC: Punto sobre la curva circular
 PSE: Punto sobre la espiral
 PSTe: Punto sobre la subtangente
 Δ : Ángulo de deflexión de las tangentes
 Δ_c : Ángulo central de la curva circular
 θ_e : Deflexión de la espiral
 ϕ_c : Ángulo de la cuerda larga de la espiral
 STe: Subtangente
 X_c, Y_c : Coordenadas del EC o del CE
 k, p : Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)
 TL: Tangente Larga
 TC: Tangente Corta
 CLe: Cuerda larga de la espiral
 Ec: Externa
 Rc: Radio de la curva circular
 Le: Longitud de la espiral de entrada o salida
 Lc: Longitud de la curva circular

6.3.10.3. Sobreancho de curvas

Los sobreanchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. El sobreancho puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$sa = n \left(r - \sqrt{r^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{r}}$$

Ecuación 30. Sobreancho

Donde:

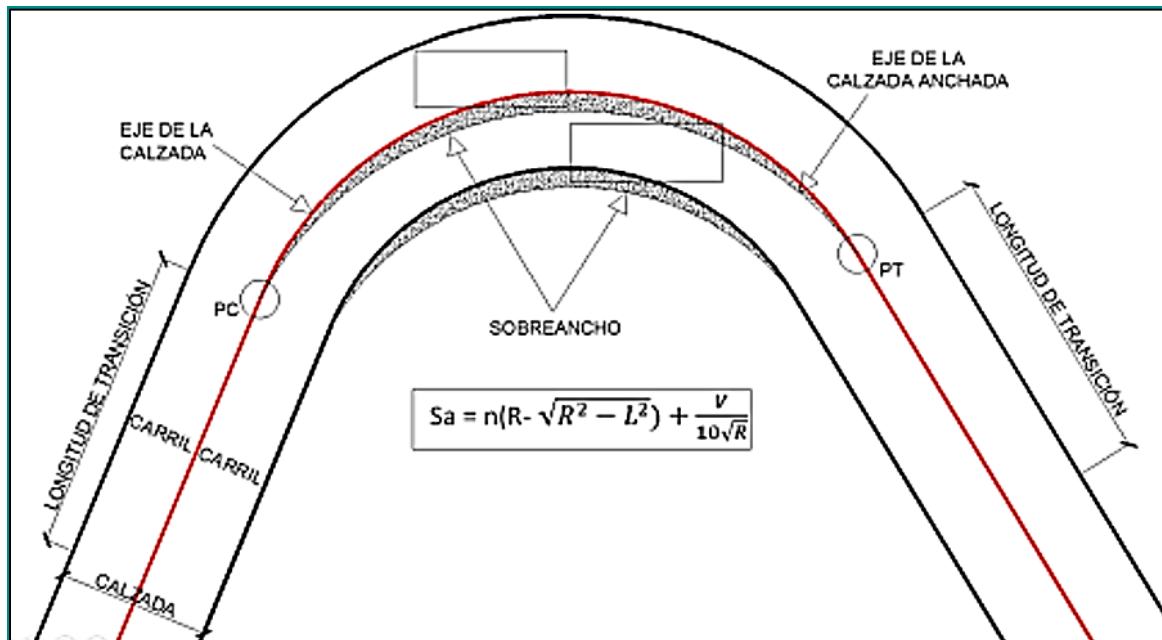
n: Número de carriles de rodamiento (unidad)

r: Radio de curvatura (m)

L: Longitud entre eje frontal y el eje posterior del Vehículo de Diseño (m)

V: Velocidad de diseño del proyecto (Km/h)

Figura N° 10. Sobreancho



Fuente: Total Ingeniería Civil-HACC (2018)²⁷

Para establecer el sobreancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. En alineamientos horizontales con curvas circulares sin curva de transición, el sobreancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.

²⁷ <http://totalingenieriacivilhacc8.blogspot.com/2018/03/blog-post.html>

2. Cuando existen curvas de transición entre la tangente y la curva circular, el sobreancho se distribuye a lo largo de la curva de transición, dividiéndose la mitad del sobreancho entre los bordes interno y externo de la curva.
3. Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.
4. Los sobreanchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera o, alternatively, dejar los detalles finales al Ingeniero residente de campo.

Tabla 56. Sobreancho en curvas de carreteras de dos carriles

Radio de Curva	Ancho de Calzada= 7.20 m						Ancho de Calzada= 6.60 m						Ancho de Calzada= 6.00 m					
	Velocidad de Diseño (KPH)						Velocidad de Diseño (KPH)						Velocidad de Diseño (KPH)					
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
1500	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
1000	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
900	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9
800	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
700	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
600	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
500	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
300	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
250	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9		0.9	1.0	1.1	1.1	1.2		1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	
200	0.8	0.9	1.0	1.0			1.1	1.2	1.3	1.6			1.4	1.5	1.6	1.6		
150	1.1	1.2	1.3	1.3			1.4	1.5	1.6	1.6			1.7	1.8	1.9	1.9		
140	1.2	1.3					1.5	1.6					1.8	1.9				
130	1.3	1.4					1.6	1.7					1.9	2.0				
120	1.4	1.5					1.7	1.8					2.0	2.1				
110	1.5	1.6					1.8	1.9					2.1	2.2				
100	1.6	1.7					1.9	2.0					2.2	2.3				
90	1.8						2.1						2.4					
80	2.0						2.3						2.6					
70	2.3						2.6						2.9					

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pag 111.

Nota: Los Valores mostrados son para vehículos de diseño WB-15

Valores menores de 0.60 m pueden ser despreciados

Para carreteras de tres carriles, multiplique los valores indicados por 1.5

Para carreteras de cuatro carriles, multiplique los valores indicados por 2.0

Tabla 57. Ajuste para diseño de Sobreancho para Curvas de Carreteras

Radio de Curva (m)	VEHICULO DE DISEÑO						
	SU	WB-12	WB-19	WB-20	WB-20D	WB-30T	WB-30T
3000	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2500	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2000	0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1500	-0.4	-0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
1000	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
900	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
800	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
700	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3
600	-0.5	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3
500	-0.5	-0.4	0.1	0.2	0.0	0.1	0.4
400	-0.5	-0.4	0.2	0.2	0.0	0.1	0.5
300	-0.6	-0.5	0.2	0.3	-0.1	0.1	0.6
250	-0.7	-0.5	0.2	0.3	-0.1	0.1	0.8
200	-0.8	-0.6	0.3	0.4	-0.1	0.2	1.0
150	-0.9	-0.7	0.4	0.6	-0.1	0.2	1.3
140	-0.9	-0.7	0.4	0.6	-0.1	0.2	1.4
130	-1.0	-0.7	0.5	0.6	-0.2	0.2	1.5
120	-1.1	-0.8	0.5	0.7	-0.2	0.3	1.6
110	-1.1	-0.8	0.6	0.8	-0.2	0.3	1.7
100	-1.2	-0.9	0.6	0.8	-0.2	0.3	1.9
90	-1.3	-0.9	0.7	0.9	-0.2	0.3	2.1
80	-1.4	-1.0	0.8	1.1	-0.2	0.4	2.4
70	-1.6	-1.1	0.9	1.2	-0.3	0.5	2.8

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pág 112.

Notas: Los Ajustes se aplican por sumar o restar estos valores a los indicados en el la Tabla 56, pág. 106.

Los ajustes dependen únicamente del radio y del vehículo de diseño son independientes del ancho de rodadura y de la velocidad de diseño.

Para carretera de 3 carriles, multiplique los valores indicados por 1.5

Para carretera de 4 carriles, multiplique los valores indicados por 2.0

6.3.10.4. Cálculos para el Diseño del Alineamiento Horizontal

Para el diseño del Alineamiento Horizontal se utilizó el programa AutoCad Civil 3D, donde se introdujo la siguiente información: (1) Puntos del Levantamiento Topográfico. (2) Parámetros de diseño tales como: velocidad de diseño, peralte y radio mínimo y finalmente se escogió la norma ASSHTO 2011 como criterio de diseño para que el programa realice todos los cálculos en base a lo establecido en dicho reglamento que son similares al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2011.

Se comprobaron los resultados obtenidos por el programa AutoCad Civil 3D de cada curva con las ecuaciones antes expuestas. A continuación, a manera de ejemplo se muestran los cálculos de los elementos que componen la curva No.1.

Datos

R: 180

D: 44°42'07.2647"

$$G_c = \frac{1145.92}{180} = 6^\circ 21' 58.4''$$

$$T = 180 * \tan \frac{44^\circ 42' 07.2647''}{2} = 74.011$$

$$L_c = \frac{\pi * 180 * 44^\circ 42' 07.2647''}{180} = 140.436 \text{ m}$$

$$E = 74.011 * \tan \frac{44^\circ 42' 07.2647''}{4} = 14.622$$

$$M = 180 \left(1 - \cos \frac{44^\circ 42' 07.2647''}{2} \right) = 13.523$$

Para la creación de la Superelevación, se introdujo el ancho de carril, hombro y su respectivo bombeo. Una vez realizadas las configuraciones correspondientes el programa genera un reporte con los resultados del bombeo, peralte máximo y longitudes de transición.

Comprobando los datos generados por el programa, se realiza el cálculo de la Curva N°1, la cual tiene suficiente distancia para desarrollar toda la transición sin ser traslapada con otra curva.

El peralte requerido se obtiene a partir de la Tabla 3.11a de la AASHTO 2011 (Ver Tabla 99 en Anexo pág. XXXI) correspondiente a un peralte máximo del 10%, resultando un peralte requerido del 10% para una velocidad de diseño de 50 km/h y un radio de 180 m.

Nota: La interpolación, para un radio dado que no se muestra en la tabla, no es necesaria ya que la sobreelevación puede ser determinada utilizando un radio un poco inferior, ej. Para una curva de 50kph con un emáx de 10% y un radio de 80 m se puede utilizar el radio de 68 m para una sobreelevación de 10%.

El desarrollo del peralte se da en dos longitudes (longitud de bombeo o como lo llama la AASHTO “runout” y la longitud de transición o “runoff”). La longitud de transición se deriva de la Tabla 3.17a de la AASHTO 2011 (Ver Tabla 100 en Anexo pág. XXXII) siendo esta de 56 m para una velocidad de diseño de 50 km/h y un peralte requerido del 6.8%. En el caso de la longitud de bombeo se calcula con la Ecuación 23, pág. 99.

$$Db = \frac{2}{6.8} * 56 = 16.50$$

El Resultado calculado, es igual al valor reportado por el programa Civil 3D. Para crear los Bordos de la carretera, se generaron los Offset en el programa, introduciendo el ancho del carril 3.60m, hombro 1.60m y en el caso particular de las curvas el sobreancho en la parte interna de las mismas, para ello se determinaron a través de Tabla 56 y Tabla 57, pág. 106-107, el valor del sobreancho.

Nota: El valor de sobreancho que genera el programa AutoCad Civil 3D, de acuerdo al vehículo de diseño no se ajustan a lo indicado en la norma Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011), por lo tanto, se ingresaron manualmente tomando los valores de sobreancho calculados mediante la Tabla 56, pág.106.

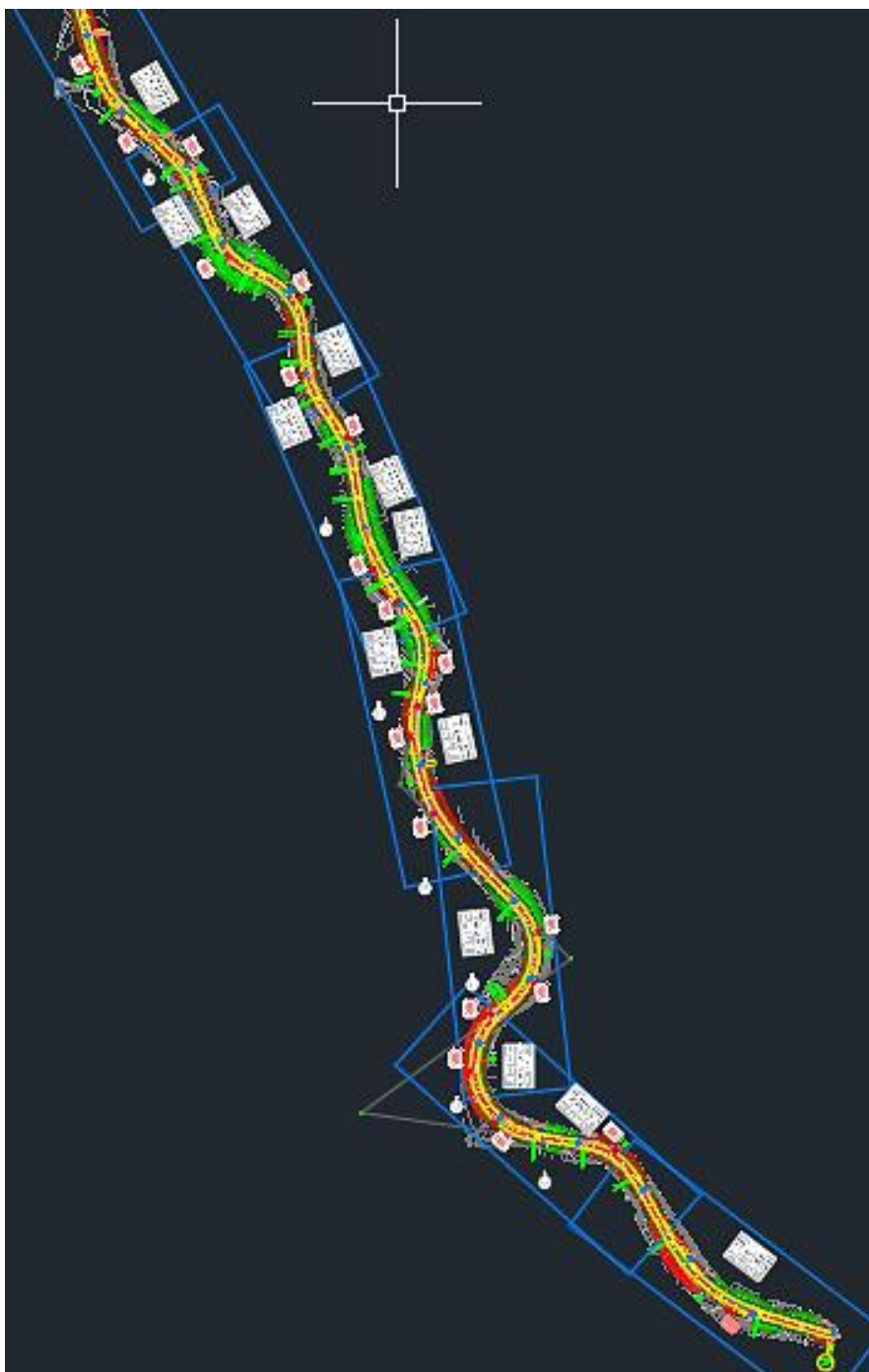
El alineamiento horizontal se ajustó al camino existente, verificando que estas cumplieran con las especificaciones mínimas de la norma. En la siguiente tabla se presentan las curvas horizontales del proyecto

Tabla 58. Resumen de Curvas del Alineamiento Horizontal

N° Curva	Estación PC	Estación PT	Radio	Angulo de Deflexión de las Tangentes Δ (m)	Grado de Curvatura (Gc)	Tangente T (m)	Longitud de la Curva (Lc) m	Externa (E)	Ordenada Media (M)	Sobre ancho (m)
C1	0+090.20	0+230.64	180.00	44° 42' 07.2647''	6° 21' 58.4''	74.011	140.436	14.622	13.523	1.10
C2	0+316.30	0+390.65	80.00	53° 14' 58.6056''	14° 19' 26.4''	40.104	74.350	9.489	8.483	2.00
C3	0+450.49	0+651.66	85.00	135° 35' 57.1943''	13° 28' 53.08''	208.282	201.170	139.959	52.883	2.00
C4	0+659.16	0+795.78	80.00	97° 50' 50.7678''	14° 19' 26.4''	91.782	136.620	41.754	27.435	2.00
C5	0+887.59	1+080.87	200.00	55° 22' 08.9014''	5° 43' 46.56''	104.934	193.270	25.856	22.896	0.80
C6	1+117.59	1+180.16	80.00	44° 48' 29.8585''	14° 19' 26.4''	32.980	62.560	6.532	6.039	2.00
C7	1+234.14	1+336.79	220.00	26° 44' 01.3145''	5° 12' 31.42''	52.277	102.650	6.126	5.960	0.80
C8	1+370.60	1+416.99	100.00	26° 34' 50.2064''	11° 27' 33.12''	23.621	46.390	2.752	2.678	1.60
C9	1+468.89	1+511.31	80.00	30° 22' 47.0619''	14° 19' 26.4''	21.720	42.420	2.896	2.705	2.00
C10	1+546.91	1+634.66	80.00	62° 51' 02.3867''	14° 19' 26.4''	48.881	87.760	13.751	11.734	2.00
C11	1+652.92	1+713.70	80.00	43° 31' 44.7979''	14° 19' 26.4''	31.94	60.780	6.140	5.703	2.00
C12	1+779.88	1+809.31	70.00	24° 05' 37.3755''	16° 22' 13.03''	16.006	29.440	1.689	1.652	2.30
C13	1+909.23	1+950.68	80.00	29° 40' 55.6099''	14° 19' 26.4''	21.198	41.440	2.761	2.669	2.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 11. Vista del Alineamiento Horizontal en AutoCad Civil 3D



Fuente: Captura tomada de Proyecto de Diseño Geométrico y Estructura de Pavimento Flexible del Camino El Boquete – Santa Ana (2.10 Km), ubicado entre los Municipios de El Crucero y Villa Carlos Fonseca, año 2018. AutoCAD Civil 3D-2019.

6.3.11. Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical está compuesto por distancias horizontales y pendientes, dando lugar a un plano vertical con abscisas y cotas. Este se obtiene al proyectar sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera. Los elementos que integran esta proyección son tangentes y curvas. La proyección del eje en un tramo recto define la tangente y el enlace, de dos tangentes consecutivas de pendientes diferentes se efectúa por medio de una curva.

6.3.11.1. Tangente Verticales

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

6.3.11.2. Tipos de Pendientes

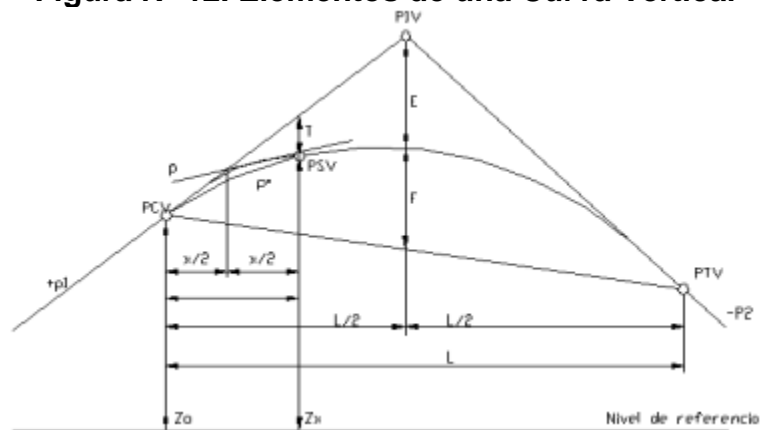
- a) **Pendiente Gobernadora:** Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y a configuración del terreno.
- b) **Pendiente Máxima:** Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.
- c) **Pendiente Mínima:** La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de sus cunetas.

6.3.11.3. Curvas Verticales

Las curvas verticales tienen por objeto suavizar los cambios de las pendientes en el alineamiento vertical, en cuya longitud se efectúa el paso gradual de la pendiente de entrada a la pendiente de salida, debiendo dar por resultado un camino de operación segura y confortable, agradable apariencia y características de drenaje adecuadas.

En términos generales existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas. Las primeras se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño. De aplicación sencilla, las curvas verticales deben contribuir a la estética del trazado, ser confortables en su operación y facilitar las operaciones de drenaje de la carretera. La configuración parabólica de estas curvas es la más frecuentemente utilizada.

Figura N° 12. Elementos de una Curva Vertical



Fuente: Tesina Metodología para Diseño de Proyectos Viales

PIV: Punto de Intersección vertical

PCV: Principio de la Curva Vertical

PTV: Principio de la Tangente Vertical

P1: Pendiente de la Tangente de entrada, en %

P2: Pendiente de la Tangente de salida, en %

L: Longitud de la Curva vertical, en metros

$$L = K * A$$

Ecuación 31. Longitud de Curva Vertical

Donde:

A: $|P2-P1|$, en % (Diferencia algebraica de pendientes)

K: Factor que establece condiciones óptimas de visibilidad

6.3.11.3.1. Tipos de Curvas Verticales

Existen dos tipos de curvas verticales en cresta o convexas y en columpio o cóncavas.

a) Curvas Verticales Convexas o en Cresta:

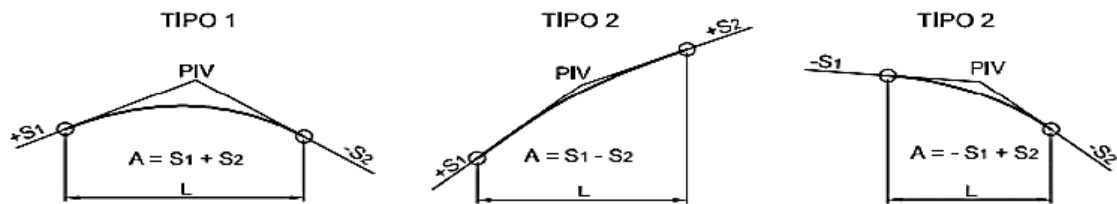
Las longitudes mínimas de curvas verticales en cresta que se basan en el criterio de distancias de visibilidad (S), generalmente son satisfactorias desde el punto de vista de seguridad, confort y apariencia.

b) Curvas Verticales Cóncavas o en Columpio:

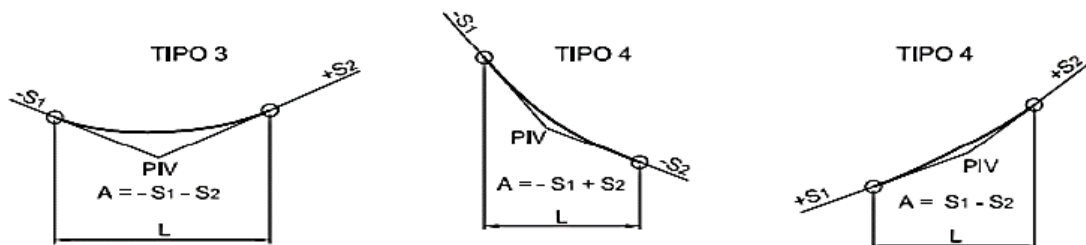
Se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en el cálculo de las longitudes de curvas cóncavas o en columpio:

- El primero se basa en la distancia iluminada por los faros delanteros del vehículo.
- La siguiente toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.
- El tercero considera requerimientos de drenaje.
- El último se basa en consideraciones estéticas.

Figura N° 13. Tipos de Curvas Verticales



CURVAS VERTICALES CONVEXAS



CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

S_1 = Pendiente de entrada
 S_2 = Pendiente de salida

A = Diferencia de pendientes
 L = Longitud de la curva

K = Variación por unidad de pendiente:
 $K = \frac{L}{A}$

Fuente: Tesina Metodología para Diseño de Proyectos Viales

6.3.11.4. Controles de Diseño

Curvas Verticales Convexas o en Cresta

El valor de K o longitud de curva vertical, es una expresión de control de diseño que cubre todas las combinaciones de A y L para cualquier velocidad directriz y facilita la selección de curvas de diseño ya que la longitud mínima de la curva en metros es igual a K veces la diferencia algebraica de las pendientes en porcentaje a como se muestra en la Ecuación 31, pág. 114. A continuación, se muestran los valores de K calculados para longitudes de curvas verticales en cresta correspondientes a las distancias visuales y de rebase previstas en la Tabla 59 y Tabla 60, pág. 116 respectivamente. Para cada velocidad directriz este único valor K es un número entero positivo indicativo de la curvatura en vertical.

Tabla 59. Control de Diseño para Curva Vertical en cresta, para Distancia de Visibilidad de Parada

Velocidad de Diseño (Km/h)	Distancia visual de Parada (m)	Tasa de Curvatura vertical K	
		Calculada	Para diseño
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52.0	52
110	220	73.6	74
120	250	95	95
130	285	123.4	124

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pag 125.

Tabla 60. Control de Diseño para Curva Vertical en cresta, para Distancia de Visibilidad de Adelantamiento

Velocidad de Diseño (Km/h)	Distancia visual de Parada (m)	Tasa de Curvatura vertical K de Diseño
30	120	17
40	140	23
50	160	30
60	180	38
70	210	51
80	245	69
90	280	91
100	320	119
110	355	146
120	395	181

Fuente: AASHTO A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011.

Generalmente, no es práctico diseñar curvas verticales en cresta para proveer distancia de visibilidad de adelantamiento, debido a los altos costos que puede involucrar y la dificultad de acomodar las largas curvas verticales resultantes al terreno natural, especialmente en carreteras de alta velocidad.²⁸

Curvas Verticales Cóncavas o en Columpio

Se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en el cálculo de las longitudes de curvas cóncavas o en columpio:

- El primero se basa en la distancia iluminada por los faros delanteros del vehículo.
- La siguiente toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.
- El tercero considera requerimientos de drenaje.
- El último se basa en consideraciones estéticas.

En atención a la diferencia de longitudes de curva que se obtienen aplicando los criterios mencionados, se recomienda diseñar curvas verticales en columpio utilizando el primer criterio descrito, dando especial consideración al drenaje cuando K es mayor de 51.

De igual manera en que fueron calculados los valores de diseño de las curvas en cresta, también es conveniente expresar los controles de diseño de las curvas en columpio en términos de K para todos los valores de A , mostradas en la Tabla 61, pág.118.

²⁸ *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pag 126.*

Tabla 61. Control de Diseño para Curva Vertical Cóncava o en Columpio

Velocidad de Diseño (Km/h)	Distancia visual de Parada (m)	Tasa de Curvatura vertical K	
		Calculada	Para diseño
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30
90	160	37.6	38
100	185	44.6	45
110	220	54.4	55
120	250	62.8	63

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pag 127

6.3.11.5. Cálculos para el Diseño del Alineamiento Vertical

Se utilizó el programa AutoCad Civil 3D, para el trazado y diseño del alineamiento vertical creando la vista del perfil longitudinal a lo largo de todo el eje central del camino a partir de la superficie del terreno. Marcando todos los posibles PIV de las curvas convexas o cóncavas que permitieron trazar la rasante del camino ajustándola lo más cerca al terreno natural existente y crear sus respectivas curvas, a partir de los criterios de diseño mencionados en el inciso 6.3.11.4.

Se verificaron los valores de longitud de curva vertical (L) para cada curva. A manera de ejemplo se calcula “L” de la curva 1 (columpio) y la curva 2 (convexa):

Datos de curva 1:

$$P1 = -5.31$$

$$P2 = 3.34$$

Por lo tanto, se procede a calcular A:

$$A = 3.34 - (-5.31) = 8.65 \%$$

Lo siguiente es calcular la longitud mínima de la curva en base a los valores K de visibilidad de parada y de rebase, con velocidad de diseño de 50 km/h, ver Tabla 61, pág. 118. Correspondiente al valor 13.

$L = 13 * 8.65 = 112.45 \text{ m} < 140.00 \text{ m}$ Por lo tanto cumple con más de longitud mínima de diseño para curvas verticales en columpio.

Datos de curva 2:

$$P1 = 3.34$$

$$P2 = -4.67$$

$$A = -4.67 - 3.34 = -8.01 \%$$

Se calcula la longitud mínima de la curva en base a los valores K de visibilidad de parada y de rebase, con velocidad de diseño de 50 km/h, correspondiente a la Tabla 59 y Tabla 60, pág. 116, con valores de 7 y 30 respectivamente, se seleccionó el valor de 30 para cumplir con ambos criterios de visibilidad.

$$L = 8.01 * 30 = 240.30 \text{ m}$$

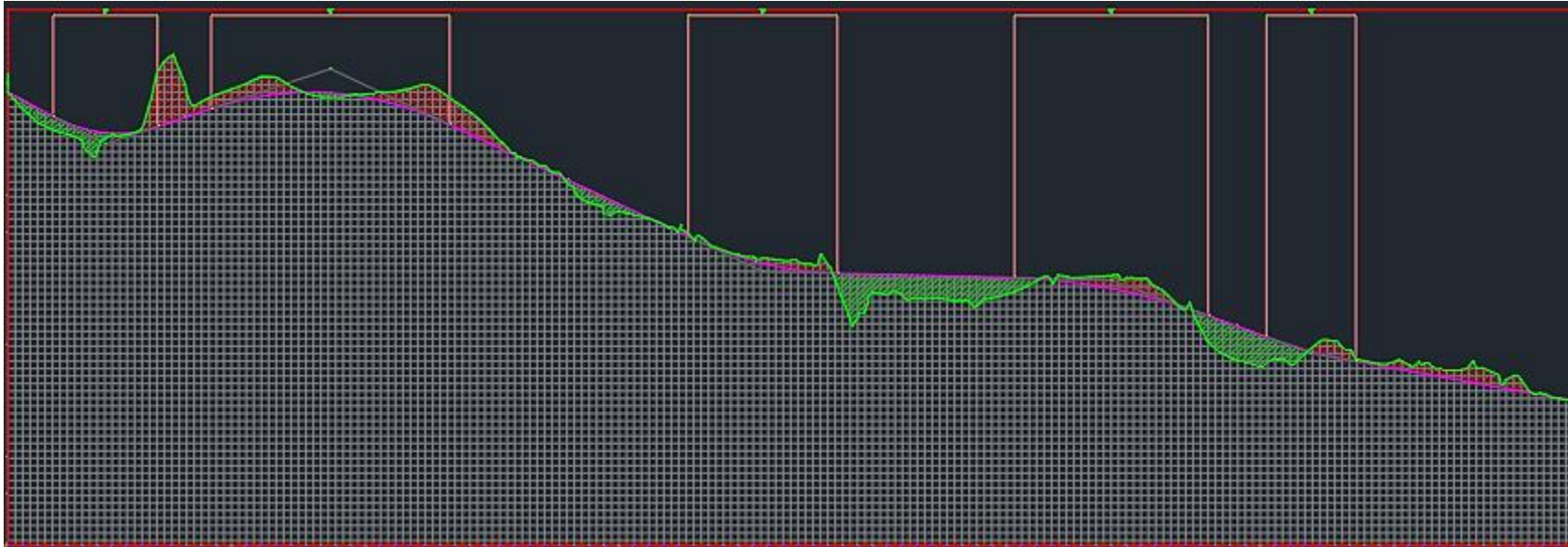
El alineamiento vertical se ajustó al camino existente, verificando que estas cumplieran con las especificaciones mínimas de la norma. En la siguiente tabla se presentan las curvas verticales del proyecto.

Tabla 62. Resumen de Curvas del Alineamiento Vertical

N° PI	Estación de PIV	Pendiente de Entrada	Pendiente de Salida	A (Diferencia Algebraica de Pendiente)	Tipo de Curva	Longitud de Curva Vertical (m)	Valor K, Long. (m) por % A
1	0+130.85	-5.31%	3.34 %	8.65%	Columpio	140	16.19
2	0+432.87	3.34%	-4.67%	8.01%	Cresta	320	39.95
3	1+012.84	-4.67%	-0.25%	4.92%	Columpio	200	45.21
4	1+480.13	-0.25%	-3.65%	3.40%	Cresta	260	76.54
5	1+748.32	-3.65%	-1.81%	1.84%	Columpio	120	65.20

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 14. Vista del Alineamiento Vertical en AutoCAD CIVIL 3D



Fuente: Captura tomada de Proyecto de Diseño Geométrico y Estructura de Pavimento Flexible del Camino El Boquete – Santa Ana (2.10 Km), ubicado entre los Municipios de El Crucero y Villa Carlos Fonseca, año 2018. AutoCAD Civil 3D-2019.

6.3.12. Sección Transversal

La Sección Transversal de una carretera o calle en área urbana, muestra sus características geométricas, según un plano normal vertical a la superficie que contiene el eje de la carretera o calle. Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la carretera ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen:

Corona: Superficie visible de una carretera o calle que queda comprendida entre las aristas del relleno y/o las interiores de las cunetas.

Rasante: Es el nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

Pendiente transversal: Es la pendiente que se le da a la calzada en dirección perpendicular al eje de la carretera (Bombeo, Sobreelevación y transición del bombeo a la sobreelevación)

Calzada: Es la parte pavimentada o afirmada de la vía pública, comprendida entre los bordes del camino y aceras, destinadas a la circulación vehicular y animales.

Subrasante: Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

Base: Es la capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura.

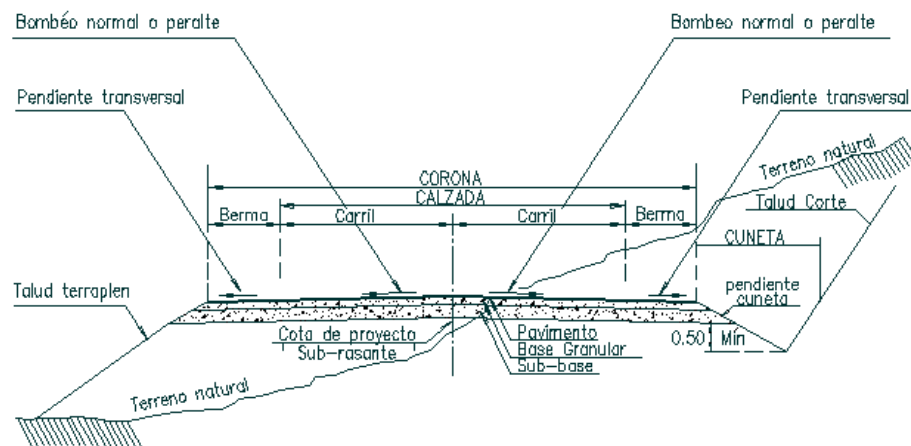
Subbase: Es la capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

Cuneta: Las cunetas son canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de taludes.

Bordillos: Se usan extensamente en las carreteras urbanas y suburbanas, siendo su uso muy limitado, más bien nulo, en las carreteras rurales.

Taludes: Son los planos inclinados de la terracería que delimitan los volúmenes de corte o relleno. El talud es la inclinación de la cara visible de los cortes o de los rellenos, se expresa numéricamente como el recíproco de la pendiente

Figura N° 10. Componentes de la Sección Transversal.



Fuente: Elementos componentes de una calzada, Jorge Ulate Alvarez, (2015)²⁹

6.3.12.1. Cálculos de la Sección Típica Propuesta

Para la elaboración de la sección típica se utilizaron las especificaciones mínimas requeridas según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2011.

La sección transversal típica propuesta está constituida por los siguientes elementos geométricos para brindar el servicio de rodamiento:

- a) La estructura de pavimento son los indicados en la Figura N° 3, pág.78, del Capítulo IV.
- b) La carretera estará compuesta por dos (2) carriles de rodamiento de 3.60m de ancho, ya que este es el ancho deseable en carreteras rurales y urbanas

²⁹ <http://jorgeulatea.blogspot.com/2015/10/elementos-componentes-de-una-calzada.html>

ya que ofrece condiciones óptimas para la circulación, cuando se espera que circule altos volúmenes de tránsito en carreteras bidireccionales³⁰

- c) Se propone hombros de 1.60m de ancho a cada lado para carreteras colectoras, de acuerdo al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2011, Pag 142.
- d) Para este proyecto se propone un derecho de vía de 20 m de ancho. El cual es recomendado por el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2011 para las carreteras colectoras.

Para el talud de relleno y corte, se tomaron los criterios propuestos por la empresa EDICO.

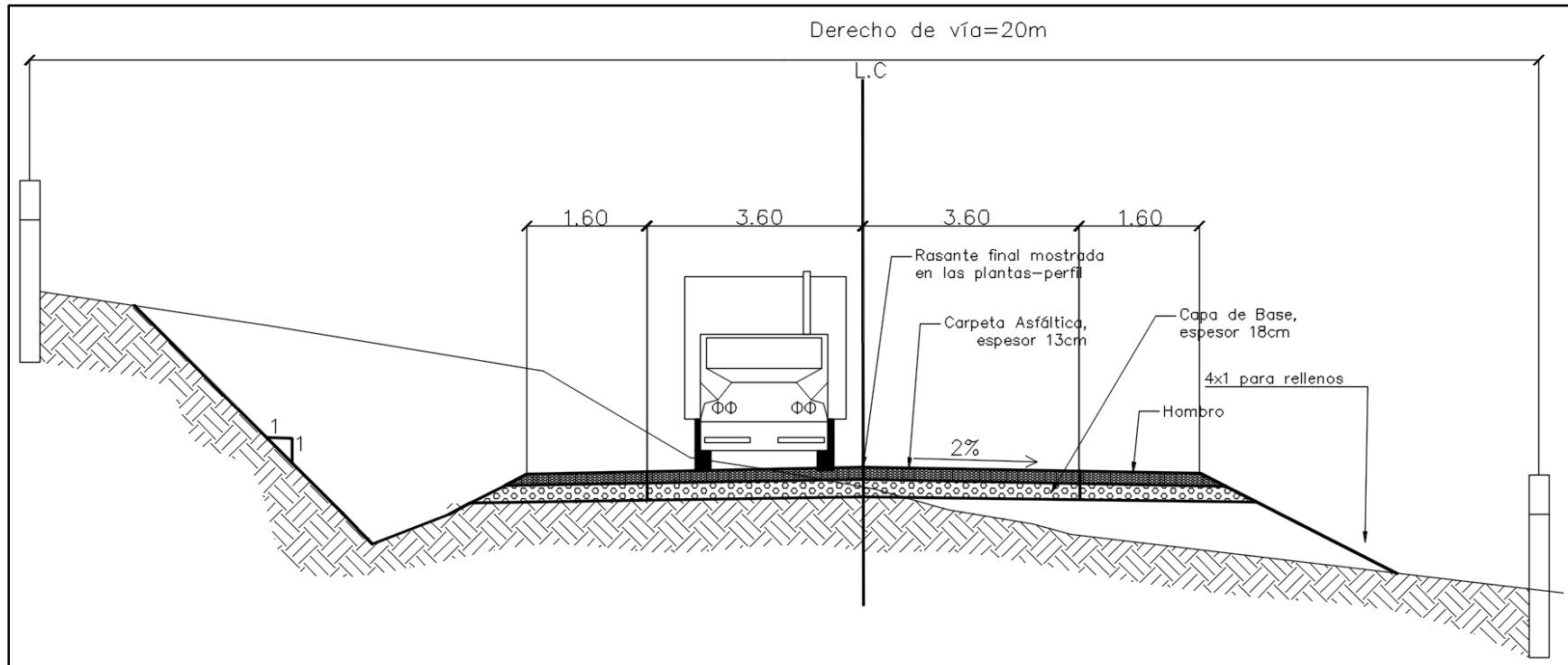
Tabla 63. Pendientes de Talud

En Relleno	En Corte
4:1	1:1

Fuente: Estudio de Factibilidad y Diseño Final para el Mejoramiento del Camino “El Boquete – Santa Ana”, Sección Típica. MTI.

³⁰ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA, 2011, Pag 141.

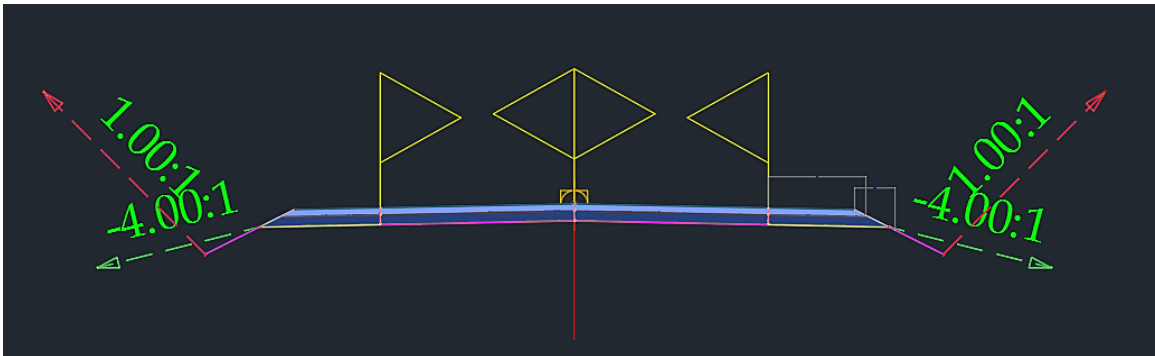
Figura N° 15. Sección Típica para Corte y Relleno del Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

A partir de los elementos geométricos antes mencionados, se insertó la Sección Típica en el programa AutoCad Civil 3D, para finalmente generar a través del mismo la cantidad de materiales a utilizar en metros cúbicos para cada capa de la estructura de pavimento.

Figura N° 16. Vista de Sección Típica Generada en AutoCAD CIVIL 3D



Fuente: Captura tomada del Proyecto de Diseño Geométrico y Estructura de Pavimento Flexible del Camino El Boquete – Santa Ana (2.10 Km), ubicado entre los Municipios de El Crucero y Villa Carlos Fonseca, año 2018. AutoCAD Civil 3D-2019.

Tabla 64. Resumen de Criterios de Diseño

N°	Descripción / Parámetro	Forma	Unidad	Valores
1	Clasificación Funcional	-	-	Colectora Menor Rural
2	Ancho del derecho de vía	ADV	m	20.00
3	Tipo de Terreno	-	-	Montañoso
4	Velocidad de diseño	VD	Km/h	50
5	Velocidad de Ruedo	VR	Km/h	47
6	Vehículo de Proyecto	Veh	Tipo	T3S2 (WB-15)
7	Radio de Curvatura Min	Rmin	m	68
8	Radio de Curvatura Max	Rmáx	G°,M',S"	16°51'00"
9	N° Carril de Rodamiento	NC	Unidad	2
10	Ancho de Carril	AC	m	3.60
11	Ancho Total de Rodamiento	AR	m	7.20
12	Ancho de Hombros	AH	m	1.60
13	Ancho de Corona	AC	m	10.40
14	Pend. Transversal (Bombeo)	B	%	2.00
15	Pendiente de Hombro	PH	%	2.00
16	Sobreelevación Máxima (Peralte)	emax	%	10.00
17	Pendiente Relativa	mr	%	0.65
18	Pendiente Long. Máxima	Pend	%	10.00
19	Distancia entre ejes extremos	WB1	m	10.80
20	Sobrecancho Max. Curvas Horizontales	Smax	m	3.50
21	Sobrecancho Min. Curvas Horizontales	Smin	m	0.60
22	Coeficiente de Fricción Lateral	F1	S/U	0.19
23	Distancia de Visibilidad de Parada	DVP	m	65
24	Distancia de Visibilidad de Rebase	DVR	m	345
25	Superficie Carpeta de Rodamiento	Srod	Tipo	Asfalto

Fuente: Elaboración Propia



CAPITULO VII

TAKE OFF



CAPÍTULO VII. TAKE OFF

7.1. INTRODUCCIÓN

Take off son todas aquellas cantidades de obras o materiales, las cuales sirven para la determinación de los costos de una obra, dichas cantidades están medidas en unidades tales como: metros cúbicos, metros lineales, metros cuadrados, quintales, libras, kilogramos y otras unidades.

7.2. MOVIMIENTO DE TIERRA

El movimiento de tierra es la acción de modificar la topografía de una zona, con el fin de adaptarla a las características geométricas necesarias de un proyecto previamente diseñado.

Una de las clasificaciones en el Movimiento de Tierra, es la explanación, que es una actividad que conlleva a grandes modificaciones en la Topografía de la zona, produciendo movimientos de grandes volúmenes de tierras, estas se dividen en:

- **Cortes:** Es aquella parte de la estructura de una obra vial realizada por la excavación del terreno existente con el fin de formar las secciones previstas en el proyecto.
- **Rellenos:** Durante la obra se materializará la subrasante, definida en el proyecto, en los tramos en los que se traza la carretera por encima del terreno natural, mediante la construcción de rellenos.

Los volúmenes de movimiento de tierra a cortar y rellenar, se obtienen de acuerdo a las secciones transversales presentadas en los planos.

7.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZARSE

Los materiales recomendados deben cumplir con las especificaciones mínimas establecidas en la NIC-2019, Sección 1003.

7.4. FACTORES DE DESPERDICIOS

Los porcentajes de desperdicios se aplican a los materiales y mezclas elaboradas en las distintas etapas de una construcción. Los valores de estos porcentajes de desperdicios varían de acuerdo al tipo de material y equipo de instalación.

Lo cual hace que estos porcentajes no sean considerados como una norma ya que cada equipo de trabajo maneja sus propios porcentajes. A continuación, se presentan porcentajes de desperdicios:

Tabla 65. Porcentajes de desperdicios

Conceptos	% de desperdicio
Grava	30
Arena	15
Agua	30
Cemento	5

Fuente: Asignatura Costo y Presupuesto. Ing Matuz Lazo

7.5. SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DEL TAKE OFF

Actualmente existen diversos Software que son de apoyo para el diseñador en el cálculo de movimiento de tierra (Corte y Relleno) y cantidades de materiales de la Estructura de pavimento. En este informe se aplicará el software AutoCad Civil 3D, el cual presenta volúmenes a partir de las secciones transversales resultante del diseño de los Alineamiento, la sección típica la cual resulta del Diseño de la Estructura de pavimento, ancho de calzadas, Cunetas, etc.

Sin embargo, para la carpeta asfáltica, los materiales serán calculados, mediante ecuaciones básicas de cálculo para la determinación de las cantidades de cada material que compone la mezcla, tal como se indica en la sección 7.6.3.

7.6. CÁLCULO DE CANTIDADES DE MATERIALES A UTILIZAR EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – TAKE OFF

Este cálculo estará definido por la Sección Típica que resulta del Diseño de la Estructura de pavimento. La cantidad de material será entonces el volumen calculado del espesor de la capa multiplicado por el ancho de la calzada y estos a su vez por la longitud del tramo en estudio. Tomando en cuenta factores de desperdicio para cada material.

7.6.1. Movimiento de tierra

Excavación en la vía (Corte) = $58,228.67 \text{ m}^3$

Construcción de terraplenes (Relleno) = $51,653.02 \text{ m}^3$

En la Tabla 101, Anexo pág. XXXIII, se muestran los resultados que proporciona el programa AutoCad Civil 3D para el movimiento de tierra como son: Volumen acumulado de corte y de relleno respectivamente.

7.6.2. Estructura de Pavimento

Volumen de concreto Asfáltico= $3,191.65 \text{ m}^3$

Volumen de Base= $4,656.27 \text{ m}^3$

En la Tabla 102, Anexo pág. XXXVI se muestran los volúmenes de cada uno de los materiales que forman parte de la sección típica, estos datos es proporcionado por el programa AutoCad Civil 3D.

7.6.3. Cálculo de materiales para producción de asfalto

a) Mezcla Asfáltica

Se utilizará el diseño de mezcla asfáltica, elaborado por el Instituto de Suelo y Materiales S.A, donde se utilizó cemento asfáltico AC 30. A continuación se presentan las propiedades y proporciones, para la determinación de cada material que componen la mezcla.

Tabla 66. Diseño de Mezcla Asfáltica

Propiedades mecánicas de los materiales			
Propiedades/ Materiales	Agregado grueso 1/2"	Agregado fino 3/8"	Ligante Asfáltico
PVSS (kg/m ³)	1,724	1,736	1,037
Pe (gr/cm ³)	2.775	2.886	1.037
Procedencia	Banco de Materiales El Portillo - PROINCO	Banco de Materiales El Portillo - PROINCO	Asfalto modificado con polímeros AC 30, UNO Petrol
Donde: PVSS: Peso Volumétrico Seco Suelto Pe: Peso Específico.			
Proporciones de Mezcla Asfáltica			
Grava: 60%; Arena:40%; P:5.95%			
Donde: P es % de cemento asfáltico al peso del agregado			

Fuente: Instituto de Suelos y Materiales S.A, INSUMA.

- Porcentaje de agregados respecto al 100% de la Mezcla Asfáltica

$$\% \text{ Agregados} = \left(\frac{100}{100 + 5.95} \right) * 100 = \mathbf{94.38 \%}$$

$$\% \text{ Asfalto} = \left(\frac{5.95}{100 + 5.95} \right) * 100 = \mathbf{5.62 \%}$$

- Determinación de la cantidad de material respecto a la Mezcla Asfáltica

$$\text{Agregado Grueso} = 60\% \left(\frac{94.38\%}{100} \right) = \mathbf{56.63 \%}$$

$$\text{Agregadon Fino} = 40\% \left(\frac{94.38\%}{100} \right) = \mathbf{37.75 \%}$$

$$\text{Asfalto} = 5.62 \%$$

$$\text{Total} = 100 \%$$

- Determinación del volumen absoluto para 100 Kg

$$V_{ab} \text{Agregado Grueso} = \frac{56.63}{2.775 * 1000} = 0.0204 \text{ m}^3$$

$$V_{ab} \text{Agregado Fino} = \frac{37.75}{2.886 * 1000} = 0.0130 \text{ m}^3$$

$$V_{ab} \text{Asfalto} = \frac{5.62}{1.037 * 1000} = 0.0054 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 0.0388 \text{ m}^3$$

- Peso de Materiales (Kg/m³), para 1m³ de Mezcla

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ Kg} & \text{-----} & 0.0388 \text{ m}^3 \\ X & \text{-----} & 1 \text{ m}^3 \\ X = & \mathbf{2,577.32 \text{ Kg/m}^3} & \end{array}$$

- Peso para cada Materiales (Kg/m³)

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{56.63 * 2,577.32 \text{ Kg/m}^3}{100} = 1,459.54 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{37.75 * 2,577.32 \text{ Kg/m}^3}{100} = 972.94 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Asfalto} = \frac{5.62 * 2,577.32 \text{ Kg/m}^3}{100} = 144.85 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Total} = 2,577.33 \text{ Kg/m}^3$$

- Correlación de peso de mezcla compacta de Asfalto

Mezcla en Caliente

Peso Específico de la Mezcla Asfáltica = 2,636 Kg/m³

$$Agregado\ Grueso = 1,459.54 \frac{Kg}{m^3} * \left(\frac{2,636 \frac{Kg}{m^3}}{2,577.33 \frac{Kg}{m^3}} \right) = \mathbf{1,492.80\ Kg/m^3}$$

$$Agregado\ Fino = 972.74 \frac{Kg}{m^3} * \left(\frac{2,636 \frac{Kg}{m^3}}{2,577.33 \frac{Kg}{m^3}} \right) = \mathbf{994.90\ Kg/m^3}$$

$$Asfalto = 144.85 \frac{Kg}{m^3} * \left(\frac{2,636 \frac{Kg}{m^3}}{2,577.33 \frac{Kg}{m^3}} \right) = \mathbf{148.10\ Kg/m^3}$$

- Volumen de Materiales para 3,191.65 m³ de Carpeta Asfáltica

$$Agregado\ Grueso = \frac{1,492.80\ Kg/m^3 * 3,191.65 m^3}{1,724\ Kg/m^3} * 1.30 = \mathbf{3,592.72\ m^3}$$

$$Agregado\ Fino = \frac{994.90\ Kg/m^3 * 3,191.65 m^3}{1,736\ Kg/m^3} * 1.15 = \mathbf{2,103.50\ m^3}$$

$$Asfalto = \frac{148.10\ Kg/m^3 * 3,191.65 m^3}{1,037\ Kg/m^3} * 1.05 = \mathbf{478.61\ m^3}$$

- Cantidad de Asfalto a Utilizarse

$$1\ m^3 = 264\ Galones$$

$$478.61\ m^3 = X$$

$$\mathbf{X = 126,353.04\ Galones}$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las cantidades de obra a utilizarse para la Estructura de pavimento y Movimiento de tierra.

Tabla 67. Cantidades Totales de Obra

Descripción	U/M	Cantidad
Movimiento de Tierra		
Excavación en la vía (Corte)	m ³	58,228.67
Construcción de Terraplenes (Relleno)	m ³	51,653.02
Estructura de Pavimento		
Carpeta Asfáltica	m ³	3,191.65
Emulsion de Asfalto	Gl	126,353.04
Agregado Grueso	m ³	3,592.72
Agregado Fino	m ³	2,103.50
Base	m ³	4,656.27

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El take off para este trabajo monográfico no incluye el cálculo para obras de drenaje, ni de señalización.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- **Estudio Geotécnico**

El material existente encontrado en el camino podrá ser utilizado para la conformación de la **subrasante**, el cual supera el CBR mínimo de 15% solicitado en la NIC 2019.

El material de banco analizado cumple con las especificaciones indicadas en la NIC 2019, para ser utilizado en la conformación de la **subrasante y capa subbase**. Superando el CBR mínimo de 15% para subrasante y 30% para subbase.

- **Estudio de Tráfico**

De acuerdo con los datos obtenidos en el trabajo de campo (conteo vehicular, encuestas origen-destino) se determinó un valor de TPDA de 102 veh/día, y un Tránsito de diseño de 1, 845,337 vehículos. Los tipos de vehículos que se espera que transiten con mayor frecuencia es el C2 liviano y el T3S2.

- **Diseño de Espesores de Pavimento**

El número estructural (SN) resultante es de 3.14, para una carpeta de rodamiento con un espesor de 13 cm y un espesor de 18 cm para base, teniendo la estructura de pavimento un espesor total de 31 cm.

- **Estudio Topográfico**

Los parámetros para la realización de un levantamiento topográfico cumplen con las especificaciones indicadas en el Manual para la revisión de estudios topográficos.

- **Diseño Geométrico**

El diseño geométrico cumple con las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y Calles (AASHTO 2011) y el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA 2011).

Los alineamientos se ajustaron lo más cercano posible al nivel de rasante propuesta, pero por las condiciones que presenta el terreno existente dicha rasante se ajustó a la configuración del terreno, para proporcionar un trazado geométrico que reduzca en gran medida los cortes y rellenos excesivos. Cumpliendo con los parámetros de diseño geométrico establecidos en los manuales indicados anteriormente.

En el alineamiento horizontal se diseñaron curvas con radios mayores al mínimo, siendo la curva N° 12 la de menor radio con 70m, en total se diseñaron 13 curvas horizontales, correspondientes a curvas circulares.

En el alineamiento vertical se diseñaron 5 curvas verticales, donde dos son curvas en cresta y tres en columpio.

- **Take Off**

De acuerdo al reporte generado para la estructura de pavimento en el programa AutoCad Civil 3D, se calcularon las cantidades de materiales a utilizar en la conformación de la misma. Y se desglosaron los materiales que componen la mezcla asfáltica.

RECOMENDACIONES

- **Estudio Geotécnico**

Se recomienda la exploración de otros Bancos de préstamos, cercanos al proyecto que presenten la calidad necesaria, para utilizarse en la capa de Base y mezcla asfáltica.

- **Diseño Geométrico**

Realizar un estudio hidrológico detallado de la zona, con el fin de dimensionar y ubicar adecuadamente las obras de drenaje mayor y menor, de esta manera evitar estancamientos de aguas a lo largo de la vía. Además, se recomienda la realización del Estudio de Impacto Ambiental, que identifique zonas de riesgos, implementándose muros de contención donde se amerite.



BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

- Blanco M. Guías de Laboratorio de Materiales de Construcción, de la Universidad de Ingeniería UNI.
- Blanco M. Guías de Laboratorio de Materiales de Construcción, de la Universidad de Ingeniería UNI.
- Blanco M., Matuz I. Guías de Laboratorio de Mecánica de Suelos I, de la Universidad de Ingeniería UNI.
- Corea y Asociados S.A (CORASCO). (2008). Manual para la Revisión de Diseños de Pavimentos. Nicaragua.
- Corea y Asociados S.A (CORASCO). (2008). Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos. Nicaragua.
- Coronado Iturbide, J. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento. Guatemala.
- Feijoo. A. (1979). Instrucciones para el sondeo (2da Ed.). La Habana: Científico-técnica.
- Ing. Karen Molina Valles, Ing. Verania Cerda González, Metodología para diseño de proyectos viales. UNI-2003.
- Juárez Badillo, E., y Rico Rodríguez, A. (2005). Mecánica de Suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos (Tomo 1). México Limusa.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008), Manual Para la Revisión de Costo y Presupuesto.

- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008), Manual para la Revisión de Diseños Geométricos.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008), Manual Para la Revisión de Estudios Topográficos.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2018), Red Vial de Nicaragua.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2018), Anuario de Aforos de Tráfico.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2019), Especificaciones Generales para las Construcción de Camino, Calles y Puentes NIC-2019.
- Sistema de Integración Económica Centroamericana SIECA (Ed. 2). (2004). Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales.
- Sistema de Integración Económica Centroamericana SIECA (Ed. 3). (2011). Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales.
- Sowers. G,B. (1972). Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. México: Limusa Wiley.
- Zamora A. J. Documento de Apoyo de la Asignatura de Diseño Geométrico de Vías de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI.

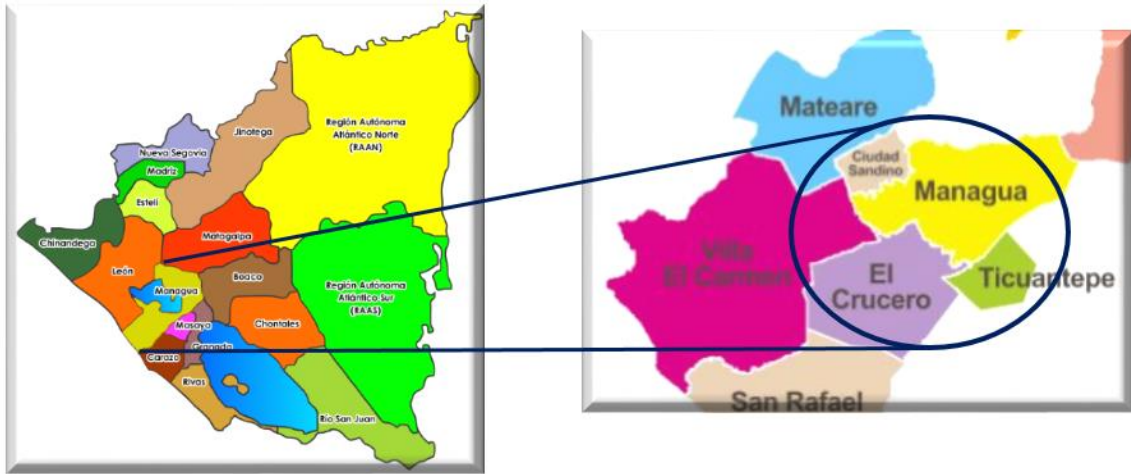


ANEXOS



ANEXOS

Figura N° 17. Macro Localización del proyecto



Fuente: Instituto Nicaragüense de Turismo.

Figura N° 18. Micro Localización del proyecto (Long. 2.10 Km)



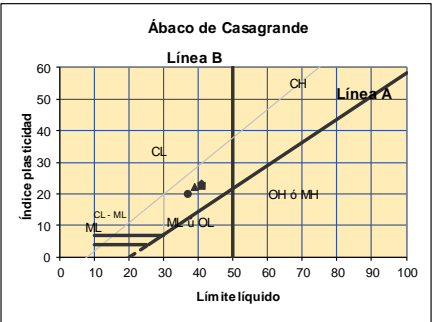
Fuente: Google Earth Pro 2019.

Tabla 68. Clasificación de Suelos y Agregados, AASHTO M145

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
SUB - GRUPOS	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5
											A - 7 - 6
% que pasa el Tamiz N° 10 N° 40 N° 200											
	50 máx.										
	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
	Límite Líquido Índice de Plasticidad	6 máx.		6 máx.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					Regular a Deficiente					
NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre los LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)											
Si el LP≥30, la clasificación es A-7-6											
Si el LP<30, la clasificación es A-7-5											

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO M145 – 73.

Tabla 69. Sistema Unificado de Clasificación de Suelo SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%>-GW,GP,SW,SP. >12%>-GM,GC,SM,SC. 5 al 12%>-casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu=D_{60}/D_{10}>4$ $Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o línea A con $IP<4$.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Encima de la línea A con $IP>7$.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu=D_{60}/D_{10}>6$ $Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP<4$.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP>7$.	
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
	Suelos muy orgánicos			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

Fuente: Elaborada por Geólogo Jordi González Boada, Barcelona-España, Septiembre 2005.

Figura N° 19. Fotografía de Ensayos de suelo



Ensayo de CBR



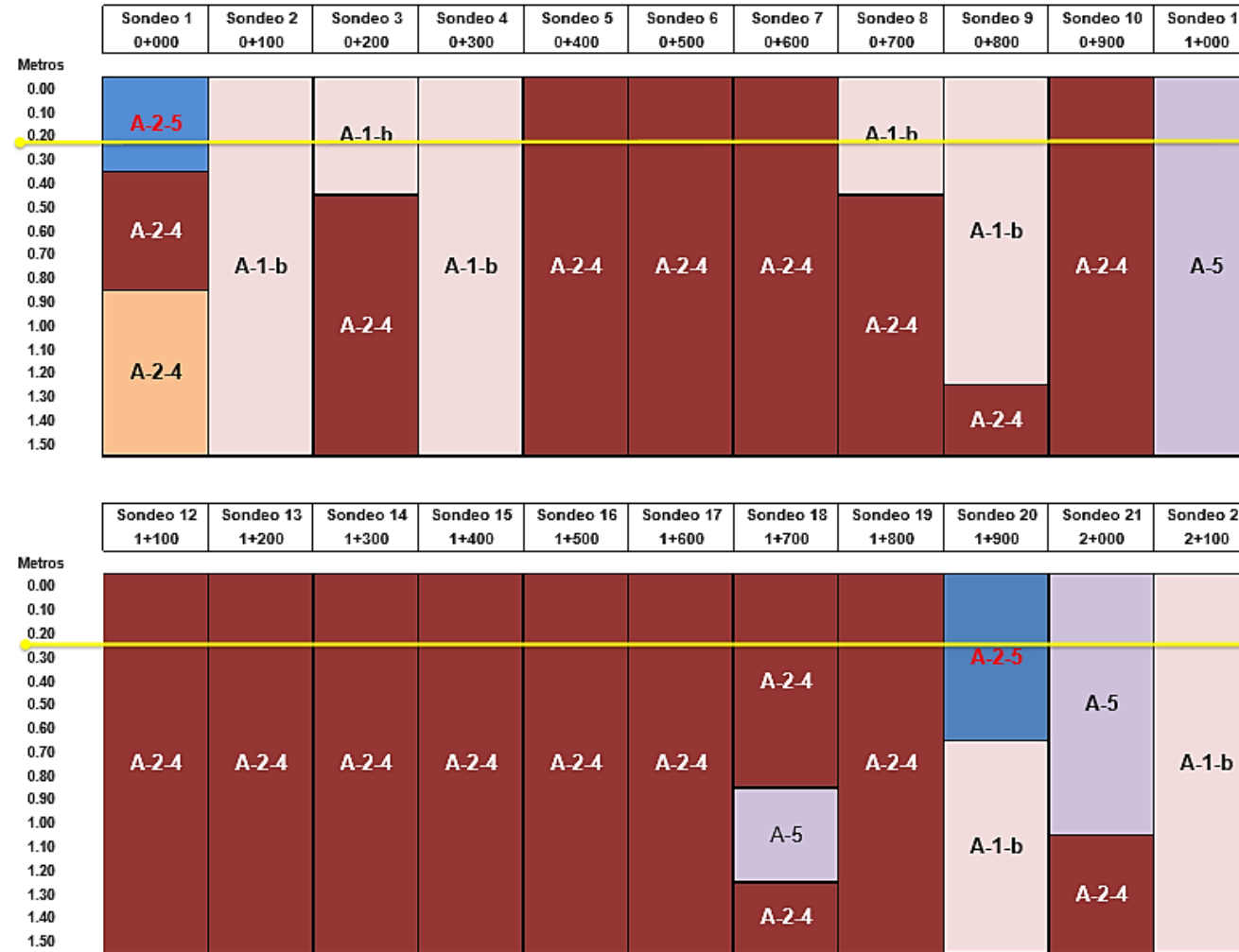
Ensayo de Granulometría

Tabla 70. Resultados de Ensayos de Laboratorio

Localización de Sondeo		Identificación de Muestras		Estratigrafía			NORMA: AASHTO T 90			Clasificación	Fracciones de la muestra			NORMA: ASTM D-2216	NORMA: AASHTO T-99		NORMA: AASHTO T 193			Observación
							Límites de Atterberg							Humedad Natural	D _s max	Humedad Óptima	Grado de Compactación			
Estación	Banda	Sondeo	Muestra	Desde (cm)	Hasta (cm)	Espesor (cm)	L.L.	L.P.	I.P.	NORMA:	G	S	F				Humedad Natural	D _s max	Humedad Óptima	
		No.	No.				%	%	%	AASHTO M 145				(%)	kg/m3	(%)				
0+000	Derecha	1	2	0.30	0.80	0.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	0	67	33	42	1,541	22.4	24.60	28.41	37.89	Limo baja plasticidad arenosa
0+000	Derecha	1	3	0.80	1.50	0.70	40	36	4	A-2-4 (0)	17	49	30	74	1,541	22.4	24.60	28.41	37.89	Arena limosa con grava
0+000	Derecha	1	1	0.00	0.30	0.30	57	49	8	A-2-5 (0)	20	46	34	28	1,541	22.4	24.60	28.41	37.89	Arena Limosa con Grava
0+100	Central	2	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-1-b (0)	17	63	20	15	1,573	12.7	27.76	36.75	50.29	Arena limosa con grava
0+200	Izquierda	3	1	0.00	0.40	0.40	N.L	N.P	N.P	A-1-b (0)	28	48	24	27	1,573	12.7	27.76	36.75	50.29	Arena limosa con grava
0+200	Izquierda	3	2	0.40	1.50	1.10	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	27	41	32	55	1,541	22.4	24.60	28.41	37.89	Arena limosa con grava
0+300	Derecha	4	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	12	57	31	43	1,541	22.4	24.60	28.41	37.89	Arena limosa
0+400	Central	5	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	37	33	30	29	1,541	22.4	24.60	28.41	37.89	Grava limosa con arena
0+500	Izquierda	6	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	1	73	26	44	1,795	12.7	23.70	32.24	37.21	Arena limosa
0+600	Derecha	7	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	5	65	30	18	1,795	12.7	23.70	32.24	37.21	Arena limosa
0+700	Central	8	1	0.00	0.40	0.40	33	31	2	A-1-b (0)	16	72	12	25	1,598	13.8	33.41	40.36	52.77	Arena mal graduada con limo con grava
0+700	Central	8	2	0.40	1.50	1.10	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	6	59	35	18	1,795	12.7	23.70	32.24	37.21	Arena limosa
0+800	Izquierda	9	1	0.00	1.20	1.20	N.L	N.P	N.P	A-1-b (0)	21	55	24	28	1,598	13.8	33.41	40.36	52.77	Arena limosa con grava
0+800	Izquierda	9	2	1.20	1.50	0.30	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	43	25	32	56	1,795	12.7	23.70	32.24	37.21	Grava limosa con arena
0+900	Derecha	10	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	15	50	35	22	1,795	12.7	23.70	32.24	37.21	Arena limosa
1+000	Central	11	1	0.00	1.50	1.50	57	52	5	A-5 (0)	16	48	36	42	1,452	23.2	7.38	11.75	14.79	Arena Limosa con Grava
1+100	Izquierda	12	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	13	57	30	29	1,609	18.3	25.51	29.99	39.46	Arena Limosa
1+200	Derecha	13	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	15	54	31	17	1,609	18.3	25.51	29.99	39.46	Arena Limosa
1+300	Central	14	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	1	65	34	27	1,609	18.3	25.51	29.99	39.46	Arena Limosa
1+400	Izquierda	15	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	14	53	33	29	1,609	18.3	25.51	29.99	39.46	Arena Limosa
1+500	Derecha	16	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	14	52	34	20	1,609	18.3	25.51	29.99	39.46	Arena Limosa
1+600	Central	17	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	2	65	33	52	1,617	18.4	22,57	27.05	35.05	Arena Limosa
1+700	Izquierda	18	1	0.00	0.80	0.80	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	42	31	27	49	1,617	18.4	22,57	27.05	35.05	Grava limosa con arena
1+700	Izquierda	18	3	1.20	1.50	0.30	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	13	58	29	48	1,617	18.4	22,57	27.05	35.05	Arena limosa
1+700	Izquierda	18	2	0.80	1.20	0.40	50	44	6	A-5 (0)	9	55	36	42	1,452	23.2	7.38	11.75	14.79	Arena Limosa
1+800	Derecha	19	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	16	49	35	48	1,617	18.4	22,57	27.05	35.05	Arena limosa con grava
1+900	Central	20	2	0.60	1.50	0.90	N.L	N.P	N.P	A-1-b (0)	18	78	4	18	1,632	13.4	36.12	39.45	50.47	Arena Limosa
1+900	Central	20	1	0.00	0.60	0.60	58	51	7	A-2-5 (0)	11	64	25	42	1,617	18.4	22,57	27.05	35.05	Arena Limosa
2+000	Izquierda	21	2	1.00	1.50	0.50	N.L	N.P	N.P	A-2-4 (0)	19	52	29	28	1,617	18.4	22,57	27.05	35.05	Arena limosa con grava
2+000	Izquierda	21	1	0.00	1.00	1.00	52	44	8	A-5 (12)	0	17	83	46	1,452	23.2	7.38	11.75	14.79	Limo alta plasticidad con arena
2+100	Derecha	22	1	0.00	1.50	1.50	N.L	N.P	N.P	A-1-b (0)	26	58	16	11	1,632	13.4	36.12	39.45	50.47	Arena limosa con grava

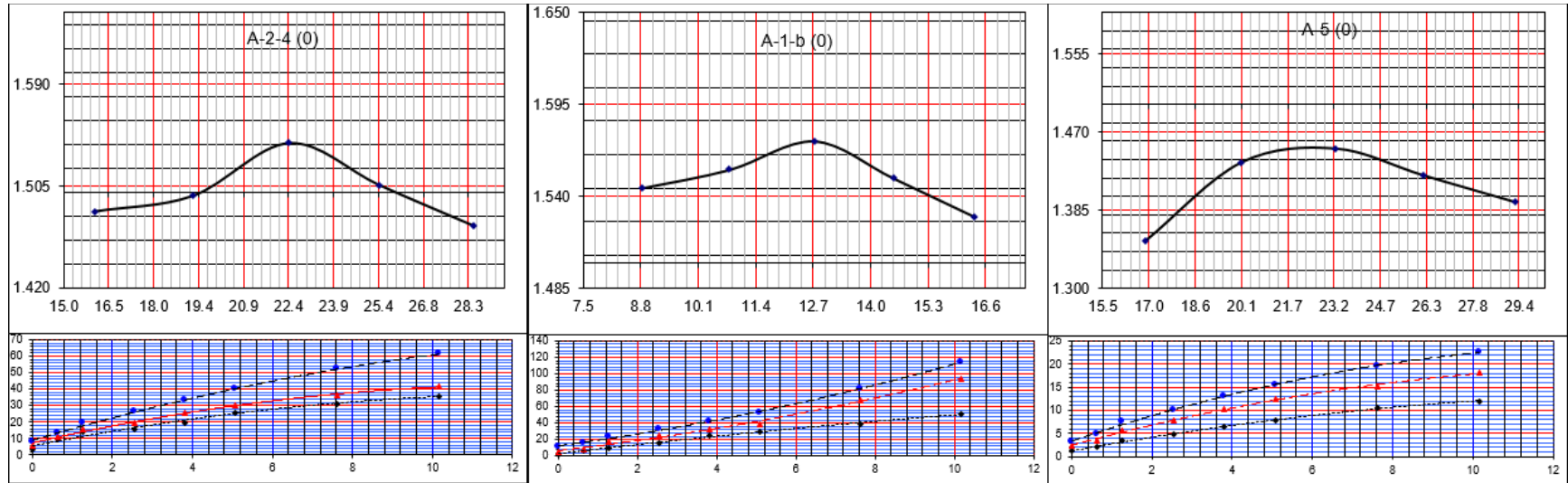
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 20. Perfil Estratigráfico y nivel de subrasante



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 21. Gráficos de Ensayo Proctor y CBR



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 22. Propiedades de material para Subrasante

1003.23.03 Material para Capa Superior del Terraplén – Subrasante	
Capa superior del terraplén con un espesor mínimo de veinticinco centímetros (25 cm). Suministrar un material granular libre de exceso de humedad, lodo, raíces, césped u otros materiales perjudiciales que cumplan con lo siguiente:	
(1) Gradación.....	Cuadro 1003-36
(2) Contenido de materia orgánica, AASHTO T-267	0,0% máx.
(3) PH de los suelos. Azul de metileno, ASTM G-51	0,25 g/100 g máx.
(4) Límite Líquido, AASHTO T 89	30 máx.
(5) Índice de Plasticidad, AASHTO T 90,	10 máx.
(6) CBR al 95% de AASHTO Modificado y 4 días de saturación	15% mín.
(7) Hinchamiento lineal con molde CBR, AASHTO T-190	0,5% máx.
(8) Contenido sales solubles, AASHTO T 290	0,2% máx.
(9) Ausencia de suelos compresibles o colapsables	
Las características anteriores serán de aplicación tanto para materiales procedentes de la propia obra, como para materiales procedentes de préstamos.	

















Fuente: Arto. 1003.23.03, NIC 2019, pág.922.

Figura N° 23. Propiedades de material para Subbase y Base

(b) Agregados para Subbase o Base.	
Además de lo estipulado anteriormente en el Iniso (a), se deberá cumplir con lo siguiente:	
(1) Gradación.....	Cuadro 1003-6
(2) Límite Líquido, AASHTO T 89	25 máx.
(3) Índice de Plasticidad, AASHTO T 90	
a. Subbase.....	6 máx.
b. Base.....	0 máx. (NP)
(4) Desgaste Los Angeles, AASHTO T 96	
a. Subbase.....	40% máx.
b. Base.....	35% máx.
(5) CBR, AASHTO T-190	
a. Subbase, al 95% de Proctor Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación	30% mín.
b. Base, al 95% de Proctor Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación	80% mín.

Fuente: Arto. 1003.08, NIC 2019, pág.893.

Figura Nº 24. Tipología y Descripción Vehicular

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracidos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx=4.
	Tx-Sx=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx=4
	Cx-Rx=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semoventes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico, MTI 2017, pág. 33.

Figura Nº 25. Formato de Encuestas Vehiculares (Origen – Destino)

Estudio de Tránsito: El Boquete - Santa Ana																							
Encuesta Origen - Destino																							
Hoja de Campo																							
Estación:			Fecha:			Sentido:																	
Nº	Inicio del Viaje			Fin del Viaje			Tipo de Vehículo	Tipo de Comb.	Cap. (ton. o per.)	Cant. (ton. o per.)	Tipo de Carga	Condición			Propósitos de Viaje					Profesión u Oficio	Frec. de Viaje	Pregunta*	
	Municipio	Departamento	País	Municipio	Departamento	País						V	SC	LL	Trab.	Comp.	Estud.	Rec.	Otro			Si	No
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							

* ¿Si se construye El camino El Boquete Sta. Ana, haría este viaje por ella?

Fuente: Modelo de formato tomado de empresa EDICO,S.A.

Tabla 71. Conteo Vehicular realizado Miércoles 06/03/2019 y Jueves 07/03/2019. Estación N°1

Estación No. 1: Intersección Hacia Comunidad Las Pilas										Sentido: Ambos Sentidos								Miércoles 06-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total		
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const	
06:00 - 07:00	2	5	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
07:00 - 08:00	1	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
08:00 - 09:00	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
09:00 - 10:00	0	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
10:00 - 11:00	0	6	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
11:00 - 12:00	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
12:00 - 13:00	2	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
13:00 - 14:00	3	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
14:00 - 15:00	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
15:00 - 16:00	1	2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
16:00 - 17:00	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
17:00 - 18:00	5	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
Total (vpd)	18	46	2	0	18	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	

Estación No. 1: Intersección Hacia Comunidad Las Pilas									Sentido: Ambos Sentidos									Jueves 07-03-2019		
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	0	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
07:00 - 08:00	2	4	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
08:00 - 09:00	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
09:00 - 10:00	1	6	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
10:00 - 11:00	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11:00 - 12:00	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
12:00 - 13:00	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
13:00 - 14:00	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:00 - 15:00	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
15:00 - 16:00	1	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
16:00 - 17:00	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
17:00 - 18:00	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Total (vpd)	13	61	6	3	7	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72. Conteo Vehicular realizado Viernes 08/03/2019 y Sábado 09/03/2019. Estación N°1

Estación No. 1: Intersección Hacia Comunidad Las Pilas									Sentido: Ambos Sentidos								Viernes 08-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	2	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
07:00 - 08:00	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
08:00 - 09:00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
09:00 - 10:00	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10:00 - 11:00	0	5	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
11:00 - 12:00	0	4	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
12:00 - 13:00	1	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
13:00 - 14:00	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:00 - 15:00	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
15:00 - 16:00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
16:00 - 17:00	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
17:00 - 18:00	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Total (vpd)	13	50	4	3	11	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72

Estación No. 1: Intersección Hacia Comunidad Las Pilas										Sentido: Ambos Sentidos							Sábado 09-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	1	6	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
07:00 - 08:00	0	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
08:00 - 09:00	4	4	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
09:00 - 10:00	1	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10:00 - 11:00	0	6	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
11:00 - 12:00	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
12:00 - 13:00	1	8	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
13:00 - 14:00	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:00 - 15:00	8	5	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
15:00 - 16:00	1	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
16:00 - 17:00	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
17:00 - 18:00	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Total (vpd)	24	60	3	4	23	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73. Conteo Vehicular realizado Domingo 10/03/2019 y Lunes 11/03/2019. Estación N°1

Estación No. 1: Intersección Hacia Comunidad Las Pilas										Sentido: Ambos Sentidos										Domingo 10-03-2019	
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total		
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const	
06:00 - 07:00	3	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
07:00 - 08:00	3	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
08:00 - 09:00	0	5	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
09:00 - 10:00	5	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
10:00 - 11:00	3	9	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
11:00 - 12:00	1	6	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
12:00 - 13:00	2	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
13:00 - 14:00	2	9	1	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
14:00 - 15:00	1	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
15:00 - 16:00	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
16:00 - 17:00	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
17:00 - 18:00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total (vpd)	32	64	3	1	26	2	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	

Estación No. 1: Intersección Hacia Comunidad Las Pilas										Sentido: Ambos Sentidos										Lunes 11-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total				
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const			
06:00 - 07:00	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5			
07:00 - 08:00	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4			
08:00 - 09:00	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2			
09:00 - 10:00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10:00 - 11:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11:00 - 12:00	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
12:00 - 13:00	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5			
13:00 - 14:00	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
14:00 - 15:00	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9			
15:00 - 16:00	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2			
16:00 - 17:00	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
17:00 - 18:00	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4			
Total (vpd)	16	28	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74. Conteo Vehicular realizado Martes 12/03/2019. Estación N°1

Estación No. 1: Intersección Hacia Comunidad Las Pilas										Sentido: Ambos Sentidos								Martes 12-03-2019		
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Veh. Pesados		Otros	Total
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric	Veh. Const		
06:00 - 07:00	0	15	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
07:00 - 08:00	2	8	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
08:00 - 09:00	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
09:00 - 10:00	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10:00 - 11:00	1	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
11:00 - 12:00	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12:00 - 13:00	1	6	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
13:00 - 14:00	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14:00 - 15:00	1	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
15:00 - 16:00	0	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
16:00 - 17:00	2	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
17:00 - 18:00	0	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Total (vpd)	20	73	6	0	12	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75. Conteo Vehicular realizado Miércoles 06/03/2019 y Jueves 07/03/2019. Estación N°2

Estación No. 2: El Boquete										Sentido: Ambos Sentidos							Miércoles 06-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	2	102	221	30	100	37	63	15	39	16	2	0	0	8	25	0	0	1	0	659
07:00 - 08:00	5	110	232	47	143	11	76	13	27	5	1	0	1	0	16	0	2	0	0	684
08:00 - 09:00	1	55	105	58	104	14	50	7	6	9	0	0	0	0	4	1	0	0	0	413
09:00 - 10:00	0	30	87	35	109	2	51	8	26	21	4	0	0	0	9	1	1	0	0	384
10:00 - 11:00	4	44	101	23	108	4	38	12	26	18	4	0	0	0	30	4	1	0	0	413
11:00 - 12:00	0	23	81	33	80	1	39	6	27	6	2	0	0	0	26	2	0	0	0	326
12:00 - 13:00	0	21	44	24	74	0	41	13	20	17	0	0	0	0	17	3	1	0	0	275
13:00 - 14:00	1	19	79	23	75	1	43	9	39	18	3	0	0	0	24	3	0	0	0	336
14:00 - 15:00	1	24	80	36	82	26	38	8	29	25	2	0	0	0	20	4	1	0	0	375
15:00 - 16:00	0	26	90	37	107	44	10	10	33	26	4	0	0	0	21	8	1	0	0	417
16:00 - 17:00	0	32	82	22	85	39	4	9	38	23	3	0	0	0	14	1	0	0	0	352
17:00 - 18:00	1	77	127	34	115	56	11	9	20	9	0	0	0	0	20	5	1	0	0	484
Total (vpd)	15	563	1329	402	1182	235	464	119	330	193	25	0	1	8	226	32	8	1	0	5118

Estación No. 2: El Boquete										Sentido: Ambos Sentidos							Jueves 07-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	4	96	197	29	103	76	12	13	34	22	4	0	0	3	22	1	0	0	0	612
07:00 - 08:00	2	122	223	43	110	61	10	17	40	10	0	0	0	7	15	2	0	0	0	660
08:00 - 09:00	14	48	108	34	101	44	12	13	33	11	1	0	1	13	10	4	0	0	0	433
09:00 - 10:00	1	36	108	25	128	54	2	10	27	22	7	0	0	0	15	4	0	0	0	438
10:00 - 11:00	10	40	99	31	100	38	9	8	36	12	1	0	1	0	35	3	0	0	0	413
11:00 - 12:00	2	30	96	47	80	34	3	11	20	37	3	0	0	0	24	7	0	0	0	392
12:00 - 13:00	0	22	92	38	61	37	3	6	29	18	3	0	2	3	21	6	0	0	0	341
13:00 - 14:00	0	29	88	38	87	40	5	8	41	18	5	0	2	5	8	1	0	0	0	375
14:00 - 15:00	0	26	82	40	76	45	5	13	46	20	4	0	0	1	36	4	0	0	0	398
15:00 - 16:00	0	36	93	30	82	32	9	5	31	21	5	0	0	0	18	7	0	0	1	370
16:00 - 17:00	0	34	78	36	71	35	6	13	28	14	6	0	0	0	26	3	0	0	0	350
17:00 - 18:00	0	64	151	31	106	66	3	17	43	12	2	0	0	0	26	4	0	0	0	525
Total (vpd)	33	583	1415	422	1105	562	79	134	408	217	41	0	6	32	256	46	0	0	1	5307

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76. Conteo Vehicular realizado Viernes 08/03/2019 y Sábado 09/03/2019. Estación N°2

Estación No. 2: El Boquete										Sentido: Ambos Sentidos							Viernes 08-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	1	71	161	36	120	67	9	15	50	21	1	0	0	0	22	2	0	0	1	576
07:00 - 08:00	1	82	185	55	121	78	6	15	46	11	2	0	0	0	21	3	0	0	0	625
08:00 - 09:00	0	25	100	42	83	47	7	11	33	11	0	0	0	0	15	4	0	1	0	379
09:00 - 10:00	0	32	96	29	98	28	4	19	32	9	0	0	1	0	24	5	0	0	4	381
10:00 - 11:00	1	52	82	43	93	50	1	11	42	7	2	0	0	0	23	2	0	0	0	408
11:00 - 12:00	0	29	88	9	117	35	4	17	27	9	0	0	1	0	32	2	0	0	0	370
12:00 - 13:00	0	25	73	41	89	39	5	6	24	13	4	0	0	0	19	3	0	0	0	341
13:00 - 14:00	0	33	82	45	108	51	11	8	34	11	3	0	0	1	29	6	0	0	0	422
14:00 - 15:00	0	24	90	45	132	35	10	9	47	33	3	0	0	0	26	2	0	0	0	456
15:00 - 16:00	0	31	116	58	92	49	10	10	51	24	0	0	0	0	15	2	0	0	1	459
16:00 - 17:00	0	44	122	45	124	66	14	10	40	26	3	0	0	0	30	2	0	0	0	526
17:00 - 18:00	0	41	99	30	92	42	8	11	37	18	1	0	0	0	19	2	0	0	0	400
Total (vpd)	3	489	1294	478	1269	587	89	142	463	193	19	0	2	1	275	35	0	1	6	5343

Estación No. 2: El Boquete										Sentido: Ambos Sentidos							Sábados 09-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	0	44	57	14	45	30	18	13	18	10	2	0	0	0	12	1	0	0	0	264
07:00 - 08:00	0	84	155	46	109	52	12	22	26	8	0	0	0	0	15	3	0	0	0	532
08:00 - 09:00	1	40	109	35	117	51	7	18	31	7	0	0	0	0	20	6	0	0	0	441
09:00 - 10:00	0	30	80	35	92	46	1	13	19	9	0	0	0	0	14	1	0	0	0	340
10:00 - 11:00	0	23	79	41	86	30	8	5	36	11	0	0	0	0	16	1	0	0	0	336
11:00 - 12:00	0	28	96	46	92	38	3	14	20	10	2	0	0	1	21	0	0	0	0	371
12:00 - 13:00	0	44	103	34	95	32	10	15	23	9	4	1	0	2	21	0	0	0	1	394
13:00 - 14:00	0	50	160	45	122	54	10	16	37	12	0	0	0	0	27	2	0	0	1	536
14:00 - 15:00	0	21	154	47	140	60	20	12	38	7	2	0	0	0	35	4	0	0	0	540
15:00 - 16:00	0	38	133	43	118	53	12	13	35	19	3	0	0	0	35	1	0	0	0	503
16:00 - 17:00	0	15	33	22	33	22	4	3	20	7	3	0	1	0	13	0	0	0	1	177
17:00 - 18:00	0	38	80	44	74	31	2	7	28	11	1	0	0	0	21	3	0	0	2	342
Total (vpd)	1	455	1239	452	1123	499	107	151	331	120	17	1	1	3	250	22	0	0	5	4776

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77. Conteo Vehicular realizado Domingo 10/03/2019 y Lunes 11/03/2019. Estación N°2

Estación No. 2: El Boquete										Sentido: Ambos Sentidos							Domingo 10-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	0	25	36	5	36	37	3	9	13	5	2	0	0	0	11	3	0	0	0	185
07:00 - 08:00	7	43	72	19	56	39	4	10	13	2	1	0	0	0	6	8	0	0	0	273
08:00 - 09:00	9	31	55	21	47	39	4	14	3	1	1	0	1	0	17	2	0	0	1	237
09:00 - 10:00	0	20	74	31	66	37	7	12	11	5	1	0	0	0	21	5	0	0	0	290
10:00 - 11:00	0	40	100	27	79	42	1	17	8	2	2	0	0	0	16	9	0	0	0	343
11:00 - 12:00	0	22	110	44	100	35	4	10	11	3	4	0	0	0	14	2	0	0	1	360
12:00 - 13:00	0	18	65	32	50	21	5	9	8	2	1	0	1	0	14	0	0	0	0	226
13:00 - 14:00	1	36	119	36	66	31	6	10	20	5	0	0	0	1	17	3	0	0	1	351
14:00 - 15:00	0	30	78	37	46	37	5	12	20	7	0	0	0	1	23	0	0	0	1	297
15:00 - 16:00	1	11	52	20	28	23	3	10	13	3	0	2	0	1	5	2	0	0	0	173
16:00 - 17:00	0	15	44	34	28	15	6	6	18	10	1	0	0	0	8	0	0	0	0	185
17:00 - 18:00	1	20	31	29	34	6	3	5	6	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	137
Total (vpd)	19	311	836	335	636	362	51	124	144	46	13	2	2	3	154	34	0	0	4	3057

Estación No. 2: El Boquete										Sentido: Ambos Sentidos								Lunes 11-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total		
			Autos	Jeep	Cta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const	
06:00 - 07:00	0	112	337	42	132	90	15	20	29	25	3	0	0	0	22	1	0	0	0	828	
07:00 - 08:00	1	89	222	44	114	66	10	17	27	11	1	0	0	0	20	2	0	0	0	623	
08:00 - 09:00	0	42	85	29	79	34	7	11	15	5	5	0	0	0	17	1	0	0	0	330	
09:00 - 10:00	0	30	81	57	82	51	2	12	38	14	5	0	0	0	12	1	0	0	0	385	
10:00 - 11:00	0	31	59	34	74	40	3	8	12	17	3	0	0	0	24	4	0	0	2	311	
11:00 - 12:00	0	25	46	21	71	33	1	11	21	9	1	0	0	0	14	0	0	0	0	253	
12:00 - 13:00	1	27	68	25	70	29	7	11	21	3	3	0	0	0	11	0	0	0	0	275	
13:00 - 14:00	1	14	53	36	65	34	2	8	18	5	0	0	0	3	10	0	0	0	0	248	
14:00 - 15:00	0	34	64	37	72	27	4	12	26	20	9	0	4	0	26	5	0	0	0	340	
15:00 - 16:00	0	31	76	34	76	31	8	5	22	8	0	0	0	0	22	1	0	0	0	314	
16:00 - 17:00	0	41	82	43	81	32	9	10	27	8	0	0	1	0	15	3	0	2	0	354	
17:00 - 18:00	1	47	89	31	71	36	2	8	23	16	1	0	0	0	27	2	0	0	2	355	
Total (vpd)	4	523	1262	433	987	503	70	133	279	141	31	0	5	3	220	20	0	2	4	4616	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78. Conteo Vehicular realizado Martes 12/03/2019. Estación N°2

Estación No. 2: El Boquete										Sentido: Ambos Sentidos							Martes 12-03-2019			
Hora	Bic.	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total	
			Autos	Jeep	Cta Pick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C3R2	C2R2	T2S2	T3S2	T3S3	Veh. Agric			Veh. Const
06:00 - 07:00	1	98	204	37	87	68	9	12	40	17	5	0	0	1	21	0	0	0	0	599
07:00 - 08:00	0	91	241	51	134	68	15	13	23	19	4	0	0	0	10	0	0	1	0	670
08:00 - 09:00	4	36	98	44	83	40	3	13	28	10	1	0	0	0	12	0	0	0	0	368
09:00 - 10:00	0	33	77	49	87	40	2	11	18	16	1	0	0	0	18	0	0	0	1	353
10:00 - 11:00	2	25	78	22	89	29	6	10	23	13	3	0	0	1	28	3	0	0	0	330
11:00 - 12:00	5	29	76	31	70	37	9	5	19	11	2	0	0	0	10	5	0	0	0	304
12:00 - 13:00	0	13	46	19	54	30	2	11	20	11	0	0	0	0	23	1	0	0	0	230
13:00 - 14:00	0	25	59	15	61	30	7	5	20	8	7	0	0	0	26	4	0	0	0	267
14:00 - 15:00	0	32	95	48	116	38	5	11	32	15	2	0	0	0	16	3	0	0	0	413
15:00 - 16:00	0	31	74	26	84	32	7	13	23	21	1	0	0	1	27	7	0	0	0	347
16:00 - 17:00	0	27	73	29	101	38	7	17	27	9	6	0	0	0	22	3	0	0	0	359
17:00 - 18:00	0	75	125	35	133	46	6	9	36	13	4	0	0	0	21	7	0	0	0	510
Total (vpd)	12	515	1246	406	1099	496	78	130	309	163	36	0	0	3	234	33	0	1	1	4750

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79. Estación de mayor cobertura, asociada al tramo

DEPENDENCIA DE ESTACIONES
2018

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
200 Entrada al INCAE - El Crucero	NIC-1	108	ECD	Emp. San Isidro - La Trinidad
	NIC-1	112	ECD	Emp. Yalagüina - Somoto
	NIC-2B	215	ECD	Hotel Nejapa - Km.10 1/2 Carretera Sur (Ida)
	NIC-2	209	ECD	Km. 10 1/2 Carretera Sur - Entrada al INCAE
	NIC-2	202	ECD	El Crucero - Cuatro Esquinas
	NIC-2	203	ECD	Cuatro Esquinas - Diriamba
	NIC-2	204	ECD	Diriamba - Jinotepe
	NIC-4	404	ECD	Granada - Emp. Guanacaste
	NIC-4B	432	ECD	Rtda.Nindiri - Rtda. Coyotepe (circunvalación)
	NIC-8	802	ECD	El Salto - San Rafael del Sur

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2018, MTI.

Tabla 80. Factores de Expansión



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

ESTACION DE MAYOR COBERURA 200
ENTRADA AL INCAE - EL CRUCERO
FACTORES - 2018

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.41	1.42	1.39	1.41	1.34	1.34	1.27	1.36	1.35	1.32	1.00	1.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17
Factor Semana	0.95	0.99	0.98	0.98	0.94	0.93	1.00	0.89	0.86	0.86	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.29	1.08
Factor Fin de Semana	1.17	1.02	1.06	1.05	1.19	1.21	1.01	1.48	1.72	1.65	1.00	1.12	1.00	1.00	1.00	0.64	0.84
Factor Expansión a TPDA	0.93	0.82	0.75	0.87	0.87	0.84	0.88	0.86	0.84	1.05	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.51



Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2018, MTI.

Tabla 81. Clasificación Funcional de la Red Vial de Nicaragua

Item	CRITERIOS	I	II	III	IV	V	VI
		TRONCALES		COLECTORES		VECINALES	TROCHAS Y VEREDAS
		PRINCIPALES	SECUNDARIOS	PRINCIPALES	SECUNDARIOS		
A	Importancia en la red vial a nivel de la región Centroamericana	1) Parte de la red vial de Centroamérica					
B	Importancia en la Red Vial a nivel Nacional de Nicaragua	2) Conectan cabeceras departamentales o centros urbanos con más de 50 mil habitantes	1) Conectan centros cabeceras Departamentales (o centros económicos importantes)				
			2) Dan acceso a puestos de fronteras				
			3) Se usan como conexión entre dos caminos Principales Troncales				
C	Importancia en la Red Vial a nivel Regional de Nicaragua			1) Conectan una o varias Cabeceras Municipales con un número total de más de 10 mil habitantes a la red nacional	1) Conectan una zona o un municipio a la red nacional		
				2) Conectan una zona con un número total de más de 10 mil habitantes a la red nacional	2) Conectan una zona o un municipio con más de 5 mil habitantes a la red nacional		
				3) Se usa como conexión entre dos caminos troncales secundarios			
D	Importancia en la red vial a nivel municipal de Nicaragua				3) Caminos de alta importancia para la municipalidad y un nivel de TPDA mayor de 50	1) Incluido en actual Inventario Vial del MTI y que no cumplen con algunos de los criterios anteriores	1) No incluido en actual Inventario Vial
E	Flujo de Tráfico TPDA	3) Mayor de 1000 veh/día	4) Mayor de 500 veh/día	4) Mayor de 250 veh/día	4) Mayor de 50 veh/día	2) Menor de 50 veh/día	

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios de Tránsito, CORASCO 2008, pág. 19.

Tabla 82. Matriz de Encuesta Origen-Destino, Vehículos livianos

O r i g e n	Destino															
	O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
	1				2		188	218	2	8	13					431
	2	8						1								9
	3	1						3			1					5
	4	4														4
	5						1	1			1					3
	6	203		2		2						2				209
	7	220		4		2										226
	8															
9	11		1	1	1											14
10	13		5													18
11							3							1		4
12							2									2
13	1		1												1	3
14								1								1
Total	461	0	13	3	5	194	224	2	8	15	2	0	1	1		929

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83. Matriz de Encuesta Origen-Destino, Vehículos Pesados de carga

		Destino														
O r i g e n	O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
	1			3	1		143	121	2	3	21			19	1	314
	2	4														4
	3	1					6	1		11	1			2		22
	4	1														1
	5							1			2					3
	6	156		8		1						8	5			178
	7	118			12	4						4			1	139
	8	3				1	1				1					6
	9	7		3		2	2								2	16
	10	20		8		3								2	25	58
	11						22									22
	12						3									3
	13	10		11		1					3				43	68
	14							4			3			67		74
		Total	320	0	33	13	12	177	127	2	14	31	12	5	90	72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84. Matriz de Porcentajes Origen-Destino, Vehículos livianos

O r i g e n	Destino															
	O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
	1	0	0	0	0	0	0.2024	0.2347	0	0.01	0.01	0	0	0	0	46.4%
	2	0.0086	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	1.0%
	3	0.0011	0	0	0	0	0	0.0032	0	0	0	0	0	0	0	0.5%
	4	0.0043	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4%
	5	0	0	0	0	0	0.0011	0.0011	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
	6	0.2185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.5%
	7	0.2368	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.3%
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	9	0.0118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5%
	10	0.014	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9%
	11	0	0	0	0	0	0.0032	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4%
	12	0	0	0	0	0	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2%
	13	0.0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
	14	0	0	0	0	0	0	0.0011	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
	Total	49.6%	0.0%	1.4%	0.3%	0.5%	20.9%	24.1%	0.2%	0.9%	1.6%	0.2%	0.0%	0.1%	0.1%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85. Matriz de Porcentajes Origen-Destino, Vehículos Pesados de carga

O r i g e n	Destino															
	O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
	1	0	0	0.33%	0.11%	0	15.75%	13.33%	0.22%	0.33%	2.31%	0	0	2.09%	0.11%	34.6%
	2	0.44%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4%
	3	0.11%	0	0	0	0	0.66%	0.11%	0	1.21%	0.11%	0	0	0.22%	0	2.4%
	4	0.11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
	5	0	0	0	0	0	0	0.11%	0	0	0.22%	0	0	0	0	0.3%
	6	17.18%	0	0.88%	0	0.11%	0	0	0	0	0	0.88%	0.55%	0	0	19.6%
	7	13.00%	0	0	0.013	0.44%	0	0	0	0	0	0.44%	0	0	0.11%	15.3%
	8	0.33%	0	0	0	0.11%	0.11%	0	0	0	0.11%	0	0	0	0	0.7%
	9	0.77%	0	0.33%	0	0.22%	0.22%	0	0	0	0	0	0	0	0.22%	1.8%
	10	2.20%	0	0.88%	0	0.33%	0	0	0	0	0	0	0	0.22%	2.75%	6.4%
	11	0	0	0	0	0	2.42%	0	0	0	0	0	0	0	0	2.4%
	12	0	0	0	0	0	0.33%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
	13	1.10%	0	1.21%	0	0.11%	0	0	0	0	0.33%	0	0	0	4.74%	7.5%
	14	0	0	0	0	0	0	0.44%	0	0	0.33%	0	0	7.38%	0	8.1%
	Total	35.2%	0.0%	3.6%	1.4%	1.3%	19.5%	14.0%	0.2%	1.5%	3.4%	1.3%	0.6%	9.9%	7.9%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86. Matriz de Cantidad de Vehículos livianos

O r i g e n	Destino															
	O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
	1	0	0	0	8	0	771	894	8	33	53	0	0	0	0	1767
	2	33	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	37
	3	4	0	0	0	0	0	12	0	0	4	0	0	0	0	20
	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	5	0	0	0	0	0	4	4	0	0	4	0	0	0	0	12
	6	833	0	8	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	857
	7	902	0	16	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	926
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	45	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
	10	53	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
	11	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	4	0	16
	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	13	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12
	14	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
Total	1890	0	53	12	20	795	918	8	33	61	8	0	4	4	3811	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87. Matriz de Cantidad de Vehículos Pesados de carga

O r i g e n	Destino															
	O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
	1	0	0	3	1	0	156	132	2	3	23	0	0	21	1	342
	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	3	1	0	0	0	0	7	1	0	12	1	0	0	2	0	24
	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3
	6	171	0	9	0	1	0	0	0	0	0	9	5	0	0	195
	7	129	0	0	13	4	0	0	0	0	0	4	0	0	1	151
	8	3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	6
	9	8	0	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	17
	10	22	0	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	27	63
	11	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	12	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	13	11	0	12	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	47	74
	14	0	0	0	0	0	0	4	0	0	3	0	0	73	0	80
Total	350	0	36	14	12	193	138	2	15	33	13	5	98	78	993	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88. Matriz de Vehículos Livianos atraídos al Proyecto

O r i g e n	Destino										
	O/D	3	4	5	6	7	9	10	13	14	Total
	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
	3	0	0	0	0	12	0	4	0	0	16
	5	0	0	0	4	4	0	4	0	0	12
	6	8	0	8	0	0	0	0	0	0	16
	7	16	0	8	0	0	0	0	0	0	24
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	4	4	4	0	0	0	0	0	0	12
	10	21	0	0	0	0	0	0	0	0	21
	13	4	0	0	0	0	0	0	0	4	8
	14	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
	Total	53	4	20	4	24	0	8	0	4	117

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89. Matriz de Vehículos Pesados de carga atraídos al Proyecto

O r i g e n	Destino										
	O/D	3	4	5	6	7	9	10	13	14	Total
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	7	1	12	1	2	0	23
	5	0	0	0	0	1	0	2	0	0	3
	6	9	0	1	0	0	0	0	0	0	10
	7	0	13	4	0	0	0	0	0	1	18
	8	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3
	9	3	0	2	2	0	0	0	0	2	9
	10	9	0	3	0	0	0	0	2	27	41
	13	12	0	1	0	0	0	3	0	47	63
	14	0	0	0	0	4	0	3	73	0	80
	Total	33	13	12	10	6	12	10	77	77	250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 90. Cantidad de Vehículos Livianos atraídos al proyecto por tipología vehicular

Tipo de Vehículo	Autos	Jeep	Cta	Motos	Total
% del TPDA de Veh. Liv.	0.38	0.11	0.34	0.17	1.00
Cantidad	44	13	40	20	117

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91. Cantidad de Vehículos Pesados de carga atraídos al proyecto por tipología vehicular

Tipo de Vehículo	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	T3S2	T3S3	Total
% del TPDA de Camiones	0.38	0.18	0.04	0.35	0.05	1
Cantidad	96	44	9	88	12	250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 92. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2.5$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.	102	79.	60.	53.	55.

Fuente: Guía para Diseño de Estructura de Pavimento, AASTHO 93.

Tabla 93. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $P_t = 2.5$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
6	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
8	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003
10	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006
12	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013
14	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024
16	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043
18	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070
20	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110
22	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166
24	0.231	0.273	0.315	0.292	0.260	0.242
26	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342
28	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470
30	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633
32	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834
34	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
50	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28
52	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17
54	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15
56	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2
58	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4
60	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7
62	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1
64	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7
66	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	26.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2
72	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3
74	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6
76	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1
78	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8
80	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7
82	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8
84	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1
86	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7
88	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6
90	93.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7

Fuente: Guía para Diseño de Estructura de Pavimento, AASTHO 93.

Tabla 94. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, $P_t = 2.5$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
8	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
10	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
12	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
14	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
16	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
18	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
20	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
22	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.036
24	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
26	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
28	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
30	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
32	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
34	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
36	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
38	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
40	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
42	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567
44	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
46	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.838
48	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
50	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
58	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
60	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
62	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
64	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
66	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
68	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.30
70	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
72	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
74	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
76	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71
78	8.83	8.28	7.14	6.49	6.78	7.43
80	9.92	9.28	7.95	7.15	7.45	8.21
82	11.1	10.4	8.8	7.9	8.2	9.0
84	12.4	11.6	9.8	8.6	8.9	9.9
86	13.8	12.9	10.8	9.5	9.8	10.9
88	15.4	14.3	11.9	10.4	10.6	11.9
90	17.1	15.8	13.2	11.3	11.6	12.9

Fuente: Guía para Diseño de Estructura de Pavimento, AASTHO 93.






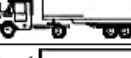

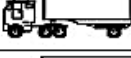
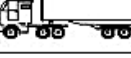
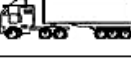


Tabla 95. Tipología vehicular y cargas permisibles para vehículo liviano

Tipo de Vehículo	Peso por Eje (ton)	Peso por Eje (lb)
Automovil	1/1	2200/2200
Jeep	1/1	2200/2200
Pick-Up	½	2200/4400
Mcbus < 15 pas.	2/4	4400/8800
Mnbus 15-30 pas.	4/8	8800/17600
Bus = C2	5/10	11000/22000
Liv 2-5 ton	4/8	8800/17600

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos, MTI. Pág. 36.

Tabla 96. Tipología vehicular y cargas permisibles para vehículo pesado

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

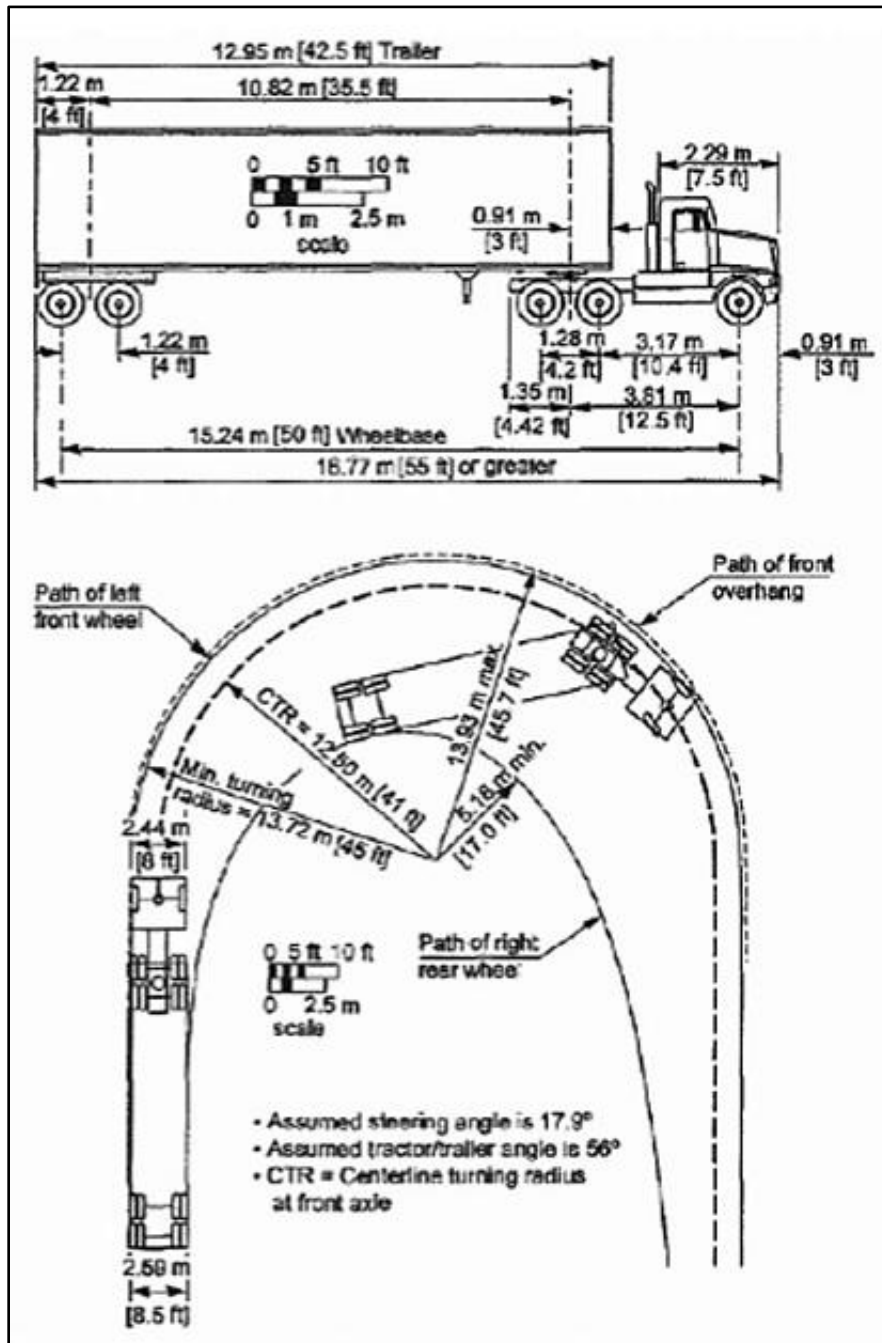
TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2 11		4.50	9.00					13.50
C3 12		5.00	16.00					21.00
			8.00	8.00				
C4 Tx-Sx<4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1 Tx-Sx<4		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2 Tx-Sx<4		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3 Tx-Sx>5		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1 Tx-Sx<4		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2 Cx-Rx<4		5.00	16.00	16.00				37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3 Cx-Rx>5		5.00	16.00	20.00				41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2 Cx-Rx<4		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2 Cx-Rx>5		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3 Cx-Rx>5		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.
b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos, MTI. Pág. 36.

Figura N° 26. Mínima trayectoria de giro para vehículo de diseño cabecal con remolque (WB-15)



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011). Pag. 408.

Tabla 97. Dimensiones de los Vehículos de Diseño

Vehículo de Diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB1	WB2
Vehículo Liviano	P	1.3	2.1	5.8	0.9	1.5	3.4	
Camión	SU	4.1	2.4	9.2	1.2	1.8	6.1	
Bus	BUS-14	3.7	2.6	12.2	1.8	2.6	7.3	
Bus Articulado	A-BUS	3.4	2.6	18.3	3.1	6.7	5.9	
Cabecal con Semirremolque	WB-15	4.1	2.6	16.8	0.6	4.5	10.8	
Cabecal con Semirremolque	WB-19	4.1	2.6	20.9	0.9	0.6	4.5	10.8
Cabecal con Semirremolque	WB-20	4.1	2.6	22.4	1.2	1.40-0.80	6.6	13.20-13.80

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA 2011. Pag 38.

Nota: WB1, WB2 es la distancia entre ejes extremos Dimensiones en metros

Tabla 98. Radios Mínimos de Giro de los Vehículos de Diseño

Vehículo de Diseño	Símbolo	Radio de Giro Mínimo de Diseño (m)	Radio en la Línea Central RMG (m)	Radio Interior Mínimo (m)
Vehículo Liviano	P	7.3	6.4	4.4
Camión	SU	12.8	11.6	8.6
Bus	BUS-14	13.7	12.4	7.8
Bus Articulado	A-BUS	12.1	10.8	6.5
Cabecal con Semirremolque	WB-15	13.7	12.5	5.2
Cabecal con Semirremolque	WB-19	13.7	12.5	2.4
Cabecal con Semirremolque	WB-20	13.7	12.5	1.3

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA 2011. Pag 39.

Tabla 99. Peralte requerido, a partir de la Velocidad de Diseño y Radio de Curva

Table 3-11a. Minimum Radii for Design Superelevation Rates, Design Speeds, and $e_{\max} = 10\%$

e (%)	Metric											
	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$	$V_d = 110$	$V_d = 120$	$V_d = 130$
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	197	454	790	1110	1520	2000	2480	3010	3690	4250	4960	5410
RC	145	333	580	815	1120	1480	1840	2230	2740	3160	3700	4050
2.2	130	300	522	735	1020	1340	1660	2020	2480	2860	3360	3680
2.4	118	272	474	669	920	1220	1520	1840	2260	2620	3070	3370
2.6	108	249	434	612	844	1120	1390	1700	2080	2410	2830	3110
2.8	99	229	399	564	778	1030	1290	1570	1920	2230	2620	2880
3.0	91	211	368	522	720	952	1190	1460	1790	2070	2440	2690
3.2	85	196	342	485	670	887	1110	1360	1670	1940	2280	2520
3.4	79	182	318	453	626	829	1040	1270	1560	1820	2140	2370
3.6	73	170	297	424	586	777	974	1200	1470	1710	2020	2230
3.8	68	159	278	398	551	731	917	1130	1390	1610	1910	2120
4.0	64	149	261	374	519	690	866	1060	1310	1530	1810	2010
4.2	60	140	245	353	490	652	820	1010	1240	1450	1720	1910
4.4	56	132	231	333	464	617	777	953	1180	1380	1640	1820
4.6	53	124	218	315	439	586	738	907	1120	1310	1560	1740
4.8	50	117	206	299	417	557	703	864	1070	1250	1490	1670
5.0	47	111	194	283	396	530	670	824	1020	1200	1430	1600
5.2	44	104	184	269	377	505	640	788	975	1150	1370	1540
5.4	41	98	174	256	359	482	611	754	934	1100	1320	1480
5.6	39	93	164	243	343	461	585	723	896	1060	1270	1420
5.8	36	88	155	232	327	441	561	693	860	1020	1220	1370
6.0	33	82	146	221	312	422	538	666	827	976	1180	1330
6.2	31	77	138	210	298	404	516	640	795	941	1140	1280
6.4	28	72	130	200	285	387	496	616	766	907	1100	1240
6.6	26	67	121	191	273	372	476	593	738	876	1060	1200
6.8	24	62	114	181	261	357	458	571	712	846	1030	1170
7.0	22	58	107	172	249	342	441	551	688	819	993	1130
7.2	21	55	101	164	238	329	425	532	664	792	963	1100
7.4	20	51	95	156	228	315	409	513	642	767	934	1070
7.6	18	48	90	148	218	303	394	496	621	743	907	1040
7.8	17	45	85	141	208	291	380	479	601	721	882	1010
8.0	16	43	80	135	199	279	366	463	582	699	857	981
8.2	15	40	76	128	190	268	353	448	564	679	834	956
8.4	14	38	72	122	182	257	339	432	546	660	812	932
8.6	14	36	68	116	174	246	326	417	528	641	790	910
8.8	13	34	64	110	166	236	313	402	509	621	770	888
9.0	12	32	61	105	158	225	300	386	491	602	751	867
9.2	11	30	57	99	150	215	287	371	472	582	731	847
9.4	11	28	54	94	142	204	274	354	453	560	709	828
9.6	10	26	50	88	133	192	259	337	432	537	685	809
9.8	9	24	46	81	124	179	242	316	407	509	656	786
10.0	7	19	38	68	105	154	210	277	358	454	597	739

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011, 6ta edición. Pag. 3-48.

Tabla 100. Longitud de Transición (Runoff) para Curvas Horizontales

Table 3-17a. Superelevation Runoff L_r (m) for Horizontal Curves

Metric														
	$V_d=20$ km/h		$V_d=30$ km/h		$V_d=40$ km/h		$V_d=50$ km/h		$V_d=60$ km/h		$V_d=70$ km/h		$V_d=80$ km/h	
e (%)	Number of Lanes Rotated. Note that 1 lane rotated is typical for a 2-lane highway, 2 lan													
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)	L_r (m)
1.5	7	10	7	11	8	12	8	13	9	14	10	15	11	16
2.0	9	14	10	14	10	15	11	17	12	18	13	20	14	22
2.2	10	15	11	16	11	17	12	18	13	20	14	22	16	24
2.4	11	16	12	17	12	19	13	20	14	22	16	24	17	26
2.6	12	18	12	19	13	20	14	22	16	23	17	26	19	28
2.8	13	19	13	20	14	22	16	23	17	25	18	27	20	30
3.0	14	20	14	22	15	23	17	25	18	27	20	29	22	32
3.2	14	22	15	23	16	25	18	27	19	29	21	31	23	35
3.4	15	23	16	24	17	26	19	28	20	31	22	33	24	37
3.6	16	24	17	26	19	28	20	30	22	32	24	35	26	39
3.8	17	26	18	27	20	29	21	32	23	34	25	37	27	41
4.0	18	27	19	29	21	31	22	33	24	36	26	39	29	43
4.2	19	28	20	30	22	32	23	35	25	38	27	41	30	45
4.4	20	30	21	32	23	34	24	37	26	40	29	43	32	48
4.6	21	31	22	33	24	35	25	38	28	41	30	45	33	50
4.8	22	32	23	35	25	37	27	40	29	43	31	47	35	52
5.0	23	34	24	36	26	39	28	42	30	45	33	49	36	54
5.2	23	35	25	37	27	40	29	43	31	47	34	51	37	56
5.4	24	36	26	39	28	42	30	45	32	49	35	53	39	58
5.6	25	38	27	40	29	43	31	47	34	50	37	55	40	60
5.8	26	39	28	42	30	45	32	48	35	52	38	57	42	63
6.0	27	41	29	43	31	46	33	50	36	54	39	59	43	65
6.2	28	42	30	45	32	48	34	52	37	56	41	61	45	67
6.4	29	43	31	46	33	49	35	53	38	58	42	63	46	69
6.6	30	45	32	48	34	51	37	55	40	59	43	65	48	71
6.8	31	46	33	49	35	52	38	56	41	61	45	67	49	73
7.0	31	47	34	50	36	54	39	58	42	63	46	69	50	76
7.2	32	49	35	52	37	56	40	60	43	65	47	71	52	78
7.4	33	50	36	53	38	57	41	61	44	67	48	73	53	80
7.6	34	51	36	55	39	59	42	63	46	68	50	75	55	82
7.8	35	53	37	56	40	60	43	65	47	70	51	77	56	84
8.0	36	54	38	58	41	62	44	66	48	72	52	79	58	86
8.2	37	55	39	59	42	63	45	68	49	74	54	81	59	89
8.4	38	57	40	60	43	65	47	70	50	76	55	82	60	91
8.6	39	58	41	62	44	66	48	71	52	77	56	84	62	93
8.8	40	59	42	63	45	68	49	73	53	79	58	86	63	95
9.0	40	61	43	65	46	69	50	75	54	81	59	88	65	97
9.2	41	62	44	66	47	71	51	76	55	83	60	90	66	99
9.4	42	63	45	68	48	73	52	78	56	85	62	92	68	102
9.6	43	65	46	69	49	74	53	80	58	86	63	94	69	104
9.8	44	66	47	71	50	76	54	81	59	88	64	96	71	106
10.0	45	68	48	72	51	77	55	83	60	90	65	98	72	108
10.2	46	69	49	73	52	79	56	85	61	92	67	100	73	110
10.4	47	70	50	75	53	80	58	86	62	94	68	102	75	112
10.6	48	72	51	76	55	82	59	88	64	95	69	104	76	114
10.8	49	73	52	78	56	83	60	90	65	97	71	106	78	117
11.0	50	74	53	79	57	85	61	91	66	99	72	108	79	119
11.2	50	76	54	81	58	86	62	93	67	101	73	110	81	121
11.4	51	77	55	82	59	88	63	95	68	103	75	112	82	123
11.6	52	78	56	84	60	89	64	96	70	104	76	114	84	125
11.8	53	80	57	85	61	91	65	98	71	106	77	116	85	127
12.0	54	81	58	86	62	93	66	100	72	108	79	118	86	130

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011, 6ta edición. Pag. 3-6.

Tabla 101. Reporte de Volúmenes de Movimiento de Tierra

Estación	Área de Corte (m2)	Volumen de Corte (m3)	Área de Relleno (m2)	Volumen de Relleno (m3)	Volumen Acumulado de Corte (m3)	Volumen Acumulado de Relleno (m3)
0+000.00	13.33	0.00	1.48	0.00	0.00	0.00
0+020.00	6.20	195.28	18.24	197.15	195.28	197.15
0+040.00	0.00	62.01	27.64	458.70	257.30	655.86
0+060.00	0.00	0.00	20.74	483.75	257.30	1139.61
0+080.00	0.00	0.00	43.53	642.73	257.30	1782.34
0+100.00	0.00	0.00	68.15	1112.87	257.30	2895.21
0+120.00	0.00	0.00	78.63	1415.33	257.30	4310.55
0+140.00	3.50	34.32	2.43	782.92	291.62	5093.46
0+160.00	27.92	325.65	6.35	84.49	617.27	5177.96
0+180.00	70.81	1024.62	0.00	59.73	1641.89	5237.69
0+200.00	119.40	1951.05	0.00	0.00	3592.94	5237.69
0+220.00	168.04	2924.94	0.00	0.00	6517.88	5237.69
0+240.00	57.59	2275.38	0.00	0.00	8793.27	5237.69
0+260.00	39.43	970.17	0.00	0.00	9763.44	5237.69
0+280.00	27.05	664.70	0.00	0.00	10428.14	5237.69
0+300.00	29.22	562.67	0.00	0.00	10990.81	5237.69
0+320.00	61.18	902.82	0.00	0.00	11893.63	5237.69
0+340.00	89.96	1499.34	0.00	0.00	13392.98	5237.69
0+360.00	86.10	1779.52	0.00	0.00	15172.50	5237.69
0+380.00	39.56	1278.54	0.00	0.00	16451.04	5237.69
0+400.00	2.44	417.21	0.18	1.88	16868.25	5239.56
0+420.00	0.00	24.44	23.41	235.95	16892.69	5475.51
0+440.00	0.07	0.68	9.77	331.84	16893.36	5807.35
0+460.00	12.24	122.87	0.00	98.14	17016.24	5905.49
0+480.00	22.93	352.00	0.00	0.00	17368.23	5905.49
0+500.00	31.64	543.09	0.00	0.00	17911.33	5905.49
0+520.00	68.20	1009.66	0.00	0.00	18920.99	5905.49
0+540.00	64.43	1346.82	0.00	0.00	20267.81	5905.49
0+560.00	73.91	1404.87	0.00	0.00	21672.68	5905.49
0+580.00	103.10	1796.08	0.00	0.00	23468.76	5905.49
0+600.00	89.40	1950.34	0.00	0.00	25419.09	5905.49
0+620.00	91.22	1834.64	0.00	0.00	27253.73	5905.49
0+640.00	66.73	1612.44	0.00	0.00	28866.17	5905.49
0+660.00	55.54	1249.67	0.00	0.00	30115.84	5905.49
0+680.00	47.04	954.42	0.00	0.00	31070.26	5905.49

Estación	Área de Corte (m2)	Volumen de Corte (m3)	Área de Relleno (m2)	Volumen de Relleno (m3)	Volumen Acumulado de Corte (m3)	Volumen Acumulado de Relleno (m3)
0+700.00	22.08	643.96	0.00	0.00	31714.22	5905.49
0+720.00	31.63	507.31	0.11	1.22	32221.53	5906.71
0+740.00	20.05	483.43	4.38	47.25	32704.96	5953.96
0+760.00	3.66	222.27	14.40	200.73	32927.23	6154.70
0+780.00	0.00	33.97	38.82	546.36	32961.21	6701.06
0+800.00	0.00	0.00	86.40	1297.90	32961.21	7998.95
0+820.00	0.00	0.00	40.32	1267.16	32961.21	9266.11
0+840.00	1.30	12.97	2.65	429.71	32974.18	9695.82
0+860.00	21.29	225.84	0.00	26.53	33200.02	9722.34
0+880.00	21.10	423.92	0.00	0.00	33623.94	9722.34
0+900.00	20.65	410.63	10.03	103.12	34034.57	9825.46
0+920.00	21.67	407.92	10.30	211.74	34442.50	10037.20
0+940.00	38.31	577.84	0.05	107.44	35020.33	10144.64
0+960.00	49.81	851.27	0.00	0.51	35871.61	10145.15
0+980.00	20.28	679.49	0.00	0.00	36551.09	10145.15
1+000.00	9.31	289.09	24.19	251.73	36840.18	10396.88
1+020.00	9.72	188.04	13.84	383.95	37028.22	10780.83
1+040.00	20.03	300.02	15.13	275.57	37328.24	11056.40
1+060.00	32.51	537.31	17.89	313.54	37865.55	11369.94
1+080.00	48.51	828.67	0.00	170.19	38694.22	11540.13
1+100.00	16.43	649.36	0.00	0.00	39343.58	11540.13
1+120.00	0.00	164.33	59.26	588.94	39507.91	12129.07
1+140.00	0.00	0.00	127.01	1754.34	39507.91	13883.40
1+160.00	0.00	0.00	91.30	2030.47	39507.91	15913.88
1+180.00	0.00	0.00	88.12	1738.01	39507.91	17651.89
1+200.00	0.00	0.00	88.18	1762.96	39507.91	19414.85
1+220.00	0.00	0.00	82.95	1711.32	39507.91	21126.16
1+240.00	0.00	0.00	79.14	1611.60	39507.91	22737.76
1+260.00	0.00	0.00	93.91	1696.35	39507.91	24434.11
1+280.00	0.00	0.00	104.54	1957.75	39507.91	26391.87
1+300.00	0.00	0.00	109.67	2157.99	39507.91	28549.86
1+320.00	0.00	0.00	63.17	1747.85	39507.91	30297.71
1+340.00	0.00	0.00	40.45	1023.96	39507.91	31321.67
1+360.00	4.47	44.72	15.71	561.61	39552.63	31883.27
1+380.00	11.19	155.34	0.00	160.88	39707.98	32044.16
1+400.00	19.47	312.14	2.76	25.22	40020.12	32069.38
1+420.00	12.54	328.63	30.72	307.90	40348.74	32377.28
1+440.00	15.17	277.11	12.52	432.39	40625.86	32809.67

Estación	Área de Corte (m2)	Volumen de Corte (m3)	Área de Relleno (m2)	Volumen de Relleno (m3)	Volumen Acumulado de Corte (m3)	Volumen Acumulado de Relleno (m3)
1+460.00	17.56	327.30	0.11	126.30	40953.15	32935.97
1+480.00	47.79	648.98	0.00	1.07	41602.13	32937.04
1+500.00	49.83	957.61	0.00	0.00	42559.74	32937.04
1+520.00	53.93	1029.02	0.00	0.00	43588.76	32937.04
1+540.00	59.99	1139.15	0.00	0.00	44727.90	32937.04
1+560.00	68.92	1239.12	0.00	0.00	45967.03	32937.04
1+580.00	55.51	1143.18	3.74	38.99	47110.20	32976.03
1+600.00	9.76	598.80	17.17	217.62	47709.00	33193.65
1+620.00	0.00	91.55	52.55	713.85	47800.56	33907.50
1+640.00	0.00	0.00	171.34	2309.88	47800.56	36217.38
1+660.00	0.00	0.00	243.70	4106.11	47800.56	40323.50
1+680.00	0.00	0.00	185.58	4330.14	47800.56	44653.64
1+700.00	0.00	0.00	101.46	3009.12	47800.56	47662.76
1+720.00	0.00	0.00	35.82	1424.76	47800.56	49087.52
1+740.00	8.28	82.84	1.73	375.49	47883.39	49463.01
1+760.00	35.00	432.86	0.00	17.28	48316.25	49480.29
1+780.00	45.19	801.92	0.00	0.00	49118.17	49480.29
1+800.00	40.52	829.80	0.07	0.73	49947.97	49481.02
1+820.00	13.00	524.99	0.00	0.71	50472.96	49481.73
1+840.00	6.42	194.23	36.69	366.88	50667.18	49848.61
1+860.00	10.22	166.38	20.05	567.41	50833.56	50416.02
1+880.00	11.55	217.74	24.04	440.97	51051.30	50856.99
1+900.00	13.52	250.72	21.66	457.05	51302.02	51314.04
1+920.00	34.05	472.49	0.00	202.94	51774.51	51516.98
1+940.00	36.04	670.96	0.00	0.00	52445.47	51516.98
1+960.00	58.62	926.48	0.00	0.00	53371.94	51516.98
1+980.00	77.67	1362.83	0.00	0.00	54734.77	51516.98
2+000.00	60.95	1386.12	0.00	0.00	56120.89	51516.98
2+020.00	49.89	1108.34	0.00	0.00	57229.23	51516.98
2+040.00	9.15	590.40	0.00	0.00	57819.63	51516.98
2+060.00	4.76	139.09	3.09	30.88	57958.72	51547.85
2+080.00	7.50	122.61	0.00	30.88	58081.33	51578.73
2+100.00	7.23	147.34	7.43	74.28	58228.67	51653.02

Fuente: Reporte AutoCad Civil 3D, El Boquete – Santa Ana.

Tabla 102. Reporte de Materiales de la Estructura de Pavimento

Estación	Tipo de Área	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)
0+000.000	Pavimento	1.39	0.00	0.00
	Base	2.04	0.00	0.00
0+020.000	Pavimento	1.39	27.76	27.76
	Base	2.04	40.81	40.81
0+040.000	Pavimento	1.39	27.76	55.52
	Base	2.04	40.81	81.62
0+060.000	Pavimento	1.39	27.75	83.27
	Base	2.04	40.78	122.40
0+080.000	Pavimento	1.44	28.25	111.52
	Base	2.10	41.41	163.81
0+100.000	Pavimento	1.53	29.59	141.11
	Base	2.22	43.23	207.04
0+120.000	Pavimento	1.53	30.45	171.56
	Base	2.23	44.41	251.45
0+140.000	Pavimento	1.53	30.49	202.05
	Base	2.23	44.46	295.92
0+160.000	Pavimento	1.53	30.49	232.54
	Base	2.23	44.46	340.38
0+180.000	Pavimento	1.53	30.49	263.03
	Base	2.23	44.46	384.84
0+200.000	Pavimento	1.53	30.49	293.52
	Base	2.23	44.46	429.31
0+220.000	Pavimento	1.53	30.48	324.00
	Base	2.23	44.45	473.76
0+240.000	Pavimento	1.44	29.66	353.65
	Base	2.11	43.31	517.07
0+260.000	Pavimento	1.39	28.28	381.94
	Base	2.04	41.45	558.53
0+280.000	Pavimento	1.39	27.75	409.68
	Base	2.04	40.75	599.28
0+300.000	Pavimento	1.46	28.50	438.19
	Base	2.14	41.76	641.04
0+320.000	Pavimento	1.58	30.44	468.63
	Base	2.31	44.40	685.44

Estación	Tipo de Área	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)
0+340.000	Pavimento	1.65	31.95	500.58
	Base	2.39	46.47	731.91
0+360.000	Pavimento	1.65	32.51	533.09
	Base	2.39	47.25	779.16
0+380.000	Pavimento	1.63	32.32	565.41
	Base	2.36	46.98	826.14
0+400.000	Pavimento	1.50	31.15	596.56
	Base	2.19	45.37	871.50
0+420.000	Pavimento	1.39	28.90	625.46
	Base	2.03	42.25	913.76
0+440.000	Pavimento	1.50	28.83	654.29
	Base	2.19	42.16	955.91
0+460.000	Pavimento	4.62	32.27	717.58
	Base	2.35	45.20	1001.11
0+480.000	Pavimento	1.65	32.27	717.58
	Base	2.39	46.91	1048.02
0+500.000	Pavimento	1.65	32.54	750.12
	Base	2.39	47.29	1095.31
0+520.000	Pavimento	1.65	32.54	782.66
	Base	2.39	47.29	1142.59
0+540.000	Pavimento	1.65	32.54	815.19
	Base	2.39	47.29	1189.88
0+560.000	Pavimento	1.65	32.54	847.73
	Base	2.39	47.29	1237.17
0+580.000	Pavimento	1.65	32.54	880.27
	Base	2.39	47.29	1284.45
0+600.000	Pavimento	1.65	32.54	912.81
	Base	2.39	47.29	1331.74
0+620.000	Pavimento	1.65	32.54	945.35
	Base	2.39	47.29	1379.03
0+640.000	Pavimento	1.68	32.94	978.29
	Base	2.44	47.87	1426.87
0+660.000	Pavimento	1.69	33.63	1011.92
	Base	2.45	48.81	1475.68

Estación	Tipo de Área	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)
0+680.000	Pavimento	1.65	33.07	1044.99
	Base	2.40	48.02	1523.70
0+700.000	Pavimento	1.65	32.52	1077.51
	Base	2.39	47.26	1570.96
0+720.000	Pavimento	1.65	32.51	1110.03
	Base	2.39	47.25	1618.21
0+740.000	Pavimento	1.65	32.51	1142.54
	Base	2.39	47.25	1665.46
0+760.000	Pavimento	1.65	32.51	1175.05
	Base	2.39	47.25	1712.71
0+780.000	Pavimento	1.65	32.51	1207.56
	Base	2.39	47.25	1759.96
0+800.000	Pavimento	1.53	31.56	1239.12
	Base	2.24	45.93	1805.89
0+820.000	Pavimento	1.42	29.51	1268.64
	Base	2.08	43.13	1849.02
0+840.000	Pavimento	1.39	28.05	1296.68
	Base	2.04	41.16	1890.17
0+860.000	Pavimento	1.39	27.75	1324.43
	Base	2.04	40.77	1930.95
0+880.000	Pavimento	1.43	28.17	1352.61
	Base	2.09	41.30	1972.25
0+900.000	Pavimento	1.49	29.18	1381.78
	Base	2.18	42.65	2014.90
0+920.000	Pavimento	1.49	29.74	1411.52
	Base	2.18	43.43	2058.33
0+940.000	Pavimento	1.49	29.74	1441.27
	Base	2.18	43.43	2101.76
0+960.000	Pavimento	1.49	29.74	1471.01
	Base	2.18	43.43	2145.19
0+980.000	Pavimento	1.49	29.74	1500.75
	Base	2.18	43.43	2188.62
1+000.000	Pavimento	1.49	29.74	1530.49
	Base	2.18	43.43	2232.05

Estación	Tipo de Área	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)
1+020.000	Pavimento	1.49	29.74	1560.24
	Base	2.18	43.43	2275.48
1+040.000	Pavimento	1.49	29.74	1589.98
	Base	2.18	43.43	2318.91
1+060.000	Pavimento	1.49	29.74	1619.72
	Base	2.18	43.43	2362.34
1+080.000	Pavimento	1.46	29.44	1649.16
	Base	2.13	43.00	2405.34
1+100.000	Pavimento	1.46	29.19	1678.36
	Base	2.13	42.66	2448.00
1+120.000	Pavimento	1.58	30.36	1708.72
	Base	2.30	44.28	2492.29
1+140.000	Pavimento	1.65	31.89	1740.61
	Base	2.39	46.38	2538.67
1+160.000	Pavimento	1.65	32.51	1773.12
	Base	2.39	47.25	2585.92
1+180.000	Pavimento	1.56	31.73	1804.86
	Base	2.27	46.16	2632.08
1+200.000	Pavimento	1.44	30.03	1834.89
	Base	2.11	43.83	2675.91
1+220.000	Pavimento	1.41	28.48	1863.37
	Base	2.06	41.67	2717.58
1+240.000	Pavimento	1.48	28.82	1892.18
	Base	2.16	42.14	2759.72
1+260.000	Pavimento	1.49	29.61	1921.80
	Base	2.18	43.25	2802.97
1+280.000	Pavimento	1.49	29.75	1951.54
	Base	2.18	43.44	2846.40
1+300.000	Pavimento	1.49	29.75	1981.29
	Base	2.18	43.44	2889.84
1+320.000	Pavimento	1.49	29.75	2011.04
	Base	2.18	43.44	2933.28
1+340.000	Pavimento	1.44	29.31	2040.35
	Base	2.11	42.82	2976.70

Estación	Tipo de Área	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)
1+360.000	Pavimento	1.47	29.16	2069.51
	Base	2.15	42.61	3018.71
1+380.000	Pavimento	1.57	30.36	2099.87
	Base	2.29	44.28	3062.99
1+400.000	Pavimento	1.59	31.42	2131.29
	Base	2.32	45.74	3018.73
1+420.000	Pavimento	1.51	30.87	2162.16
	Base	2.20	44.98	3153.72
1+440.000	Pavimento	1.41	29.23	2191.39
	Base	2.07	42.71	3196.43
1+460.000	Pavimento	1.51	29.20	2220.59
	Base	2.20	42.67	3239.09
1+480.000	Pavimento	1.63	31.20	2251.79
	Base	2.37	45.44	3284.54
1+500.000	Pavimento	1.63	32.21	2284.00
	Base	2.37	46.82	3331.36
1+520.000	Pavimento	1.52	31.37	2315.37
	Base	2.22	45.68	3377.03
1+540.000	Pavimento	1.52	30.44	2345.81
	Base	2.22	44.39	3421.42
1+560.000	Pavimento	1.64	31.44	2377.25
	Base	2.39	45.77	3467.19
1+580.000	Pavimento	1.65	32.46	2409.72
	Base	2.39	47.18	3514.37
1+600.000	Pavimento	1.65	32.51	2442.23
	Base	2.39	47.25	3561.62
1+620.000	Pavimento	1.65	32.51	2474.74
	Base	2.39	47.25	3608.87
1+640.000	Pavimento	1.62	32.53	2507.28
	Base	2.36	47.28	3656.15
1+660.000	Pavimento	1.63	32.49	2539.76
	Base	2.37	47.23	3703.38
1+680.000	Pavimento	1.65	32.39	2572.15
	Base	2.39	47.07	3750.44

Estación	Tipo de Área	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)
1+700.000	Pavimento	1.64	32.49	2604.64
	Base	2.39	47.21	3797.65
1+720.000	Pavimento	1.52	31.45	2636.09
	Base	2.22	45.78	3843.44
1+740.000	Pavimento	1.40	29.26	2665.34
	Base	2.06	42.75	3886.19
1+760.000	Pavimento	1.46	28.61	2693.96
	Base	2.13	41.85	3928.04
1+780.000	Pavimento	1.60	30.55	2724.50
	Base	2.32	44.54	3972.58
1+800.000	Pavimento	1.66	32.14	2756.65
	Base	2.41	46.72	4019.31
1+820.000	Pavimento	1.52	31.60	2788.25
	Base	2.22	46.00	4065.30
1+840.000	Pavimento	1.39	29.07	2817.31
	Base	2.04	42.52	4107.82
1+860.000	Pavimento	1.39	27.75	2845.06
	Base	2.04	40.76	4148.58
1+880.000	Pavimento	1.39	27.76	2872.82
	Base	2.04	40.77	4189.35
1+900.000	Pavimento	1.50	28.93	2901.75
	Base	2.20	42.33	4231.68
1+920.000	Pavimento	1.63	31.17	2932.91
	Base	2.37	45.39	4277.07
1+940.000	Pavimento	1.63	32.14	2965.05
	Base	2.36	46.73	4323.80
1+960.000	Pavimento	1.50	31.15	2996.20
	Base	2.19	45.37	4369.16
1+980.000	Pavimento	1.39	28.91	3025.10
	Base	2.04	42.30	4411.46
2+000.000	Pavimento	1.39	27.75	3052.85
	Base	2.04	40.76	4452.22
2+020.000	Pavimento	1.39	27.76	3080.61
	Base	2.04	40.81	4493.03

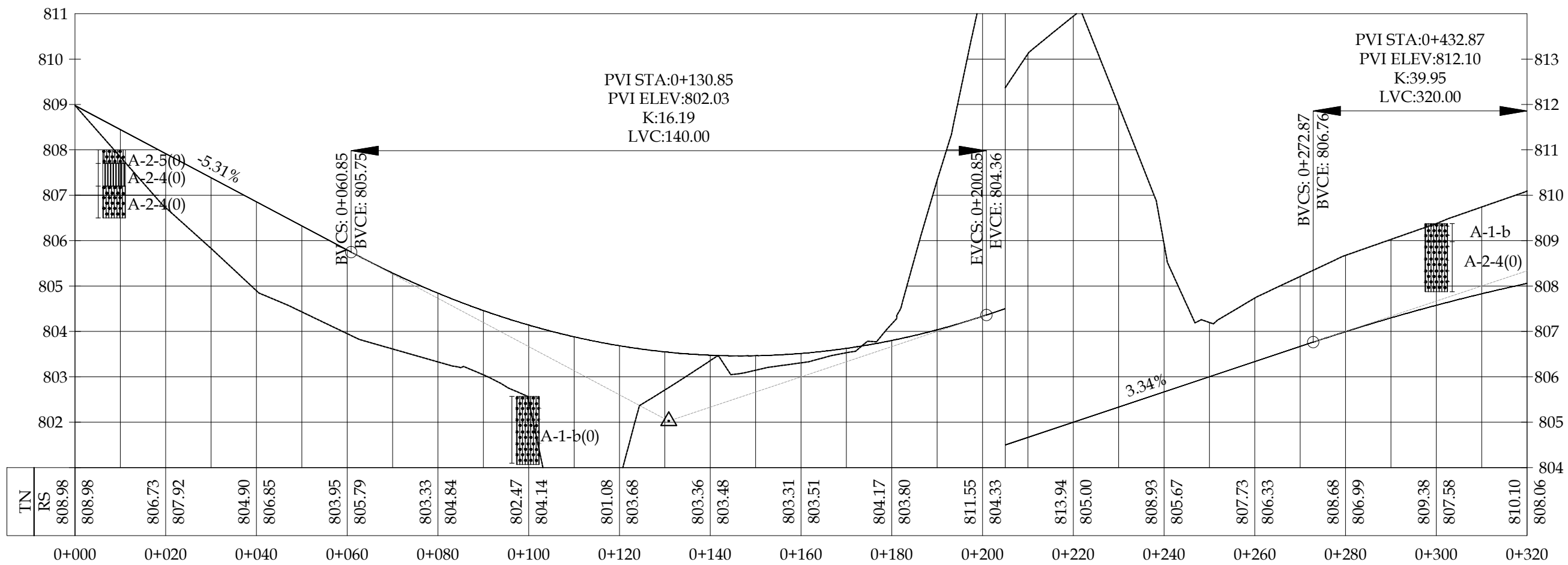
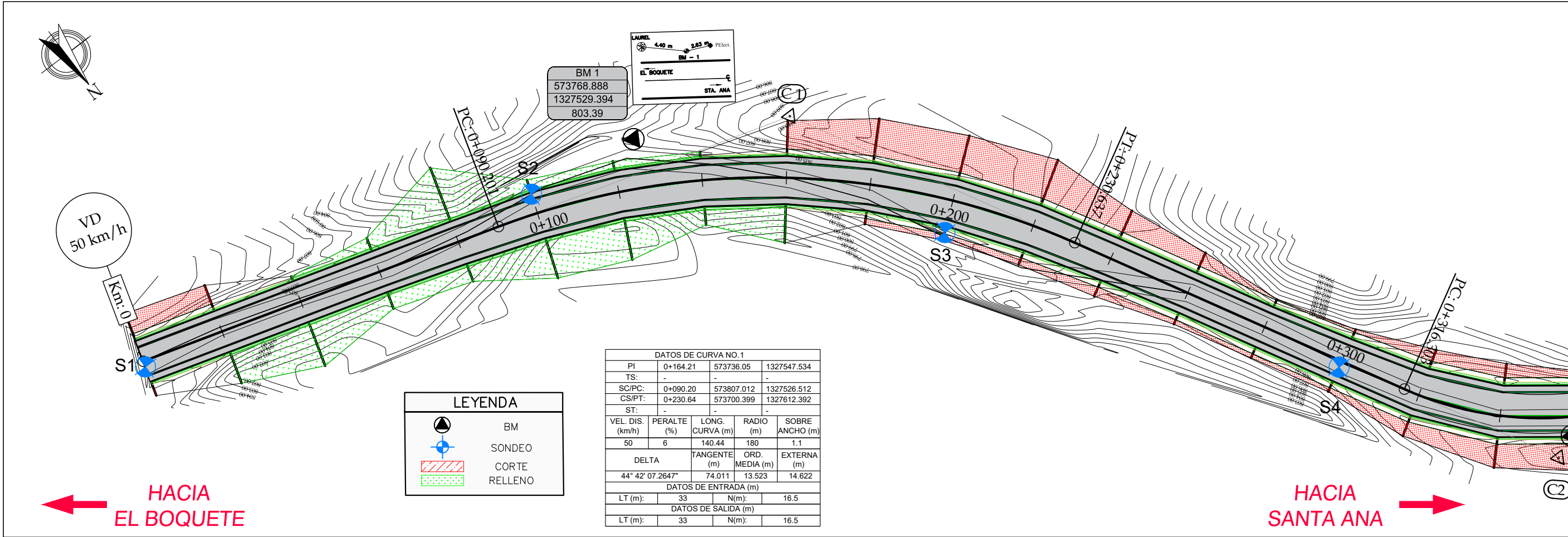
Estación	Tipo de Área	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)
2+040.000	Pavimento	1.39	27.76	3108.37
	Base	2.04	40.81	4533.84
2+060.000	Pavimento	1.39	27.76	3136.13
	Base	2.04	40.81	4574.65
2+080.000	Pavimento	1.39	27.76	3163.89
	Base	2.04	40.81	4615.46
2+100.000	Pavimento	1.39	27.76	3191.65
	Base	2.04	40.81	4656.27

Fuente: Reporte AutoCad Civil 3D, El Boquete – Santa Ana.



PLANOS





PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

PLANTA - PERFIL
00+000.00 - 00+320.00

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.: 1

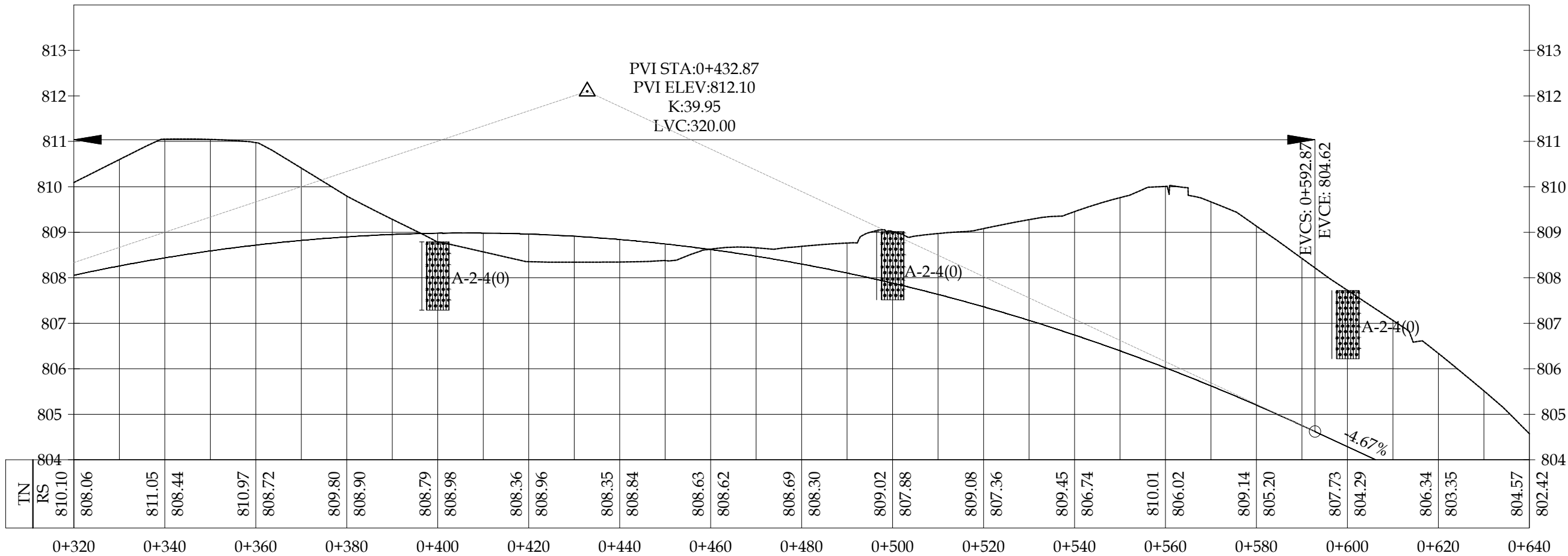
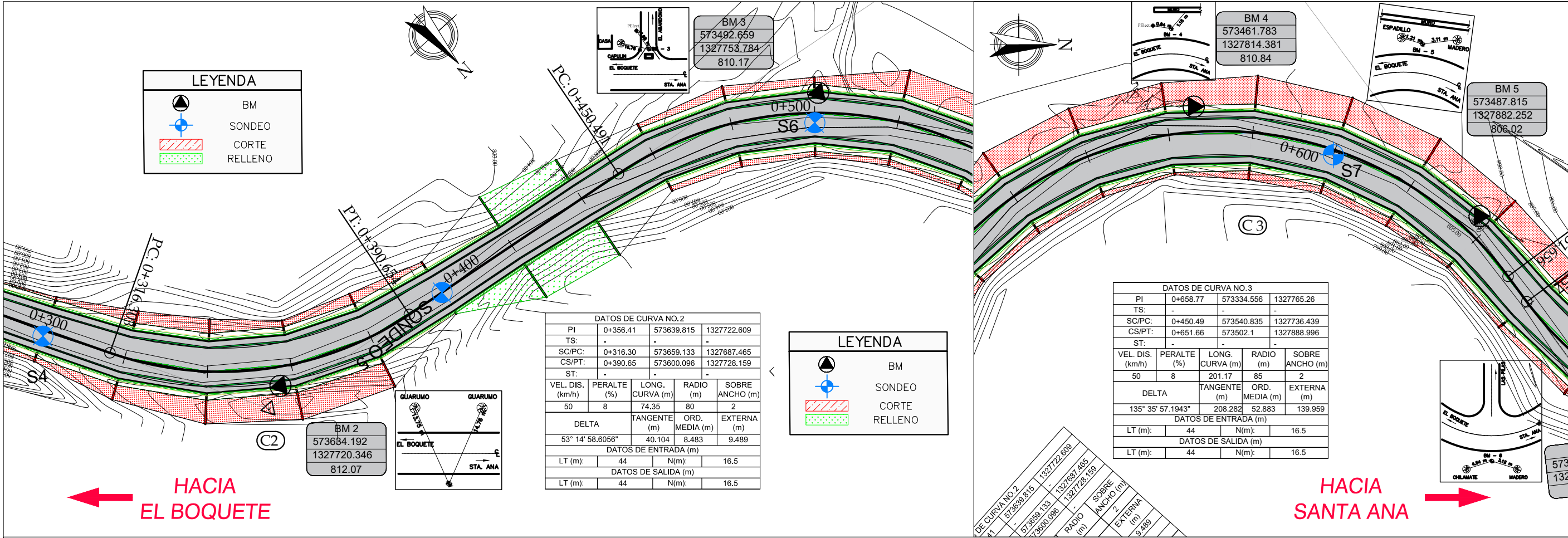
DE: 46

ESCALA:

H = 1:1000
V = 1:100

FECHA:

MARZO 2020



PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:
PLANTA - PERFIL
00+320.00 - 00+640.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

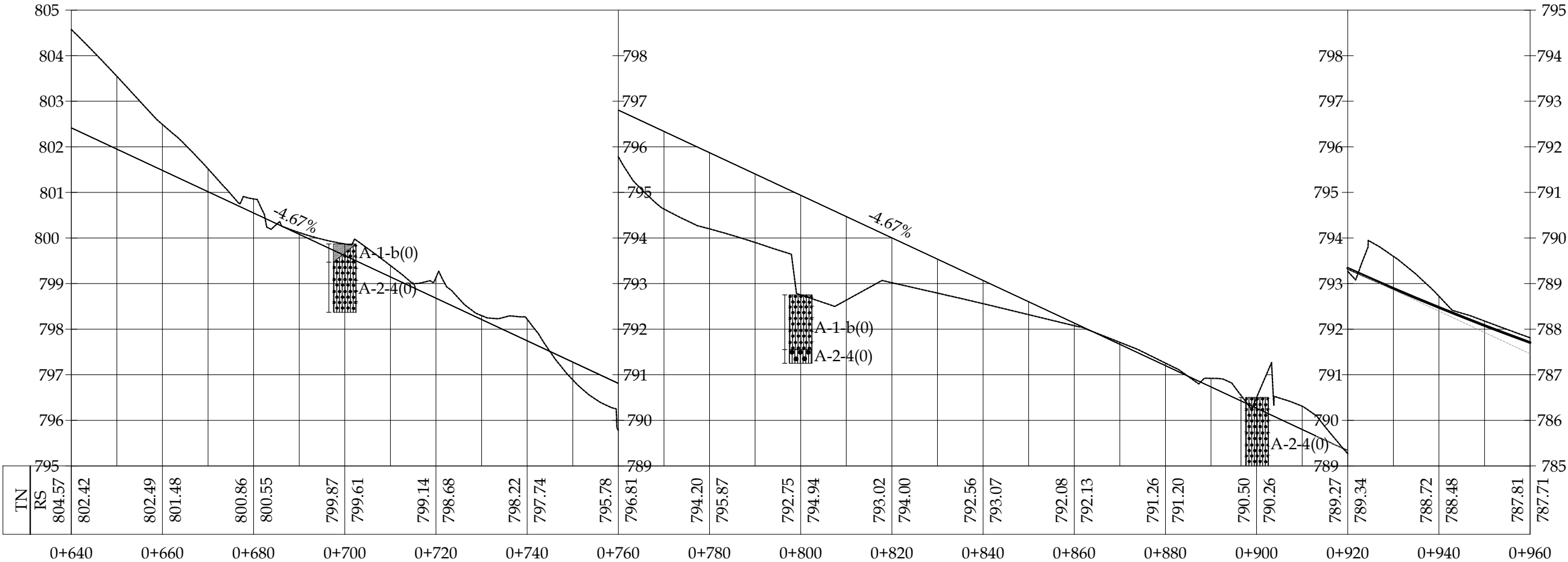
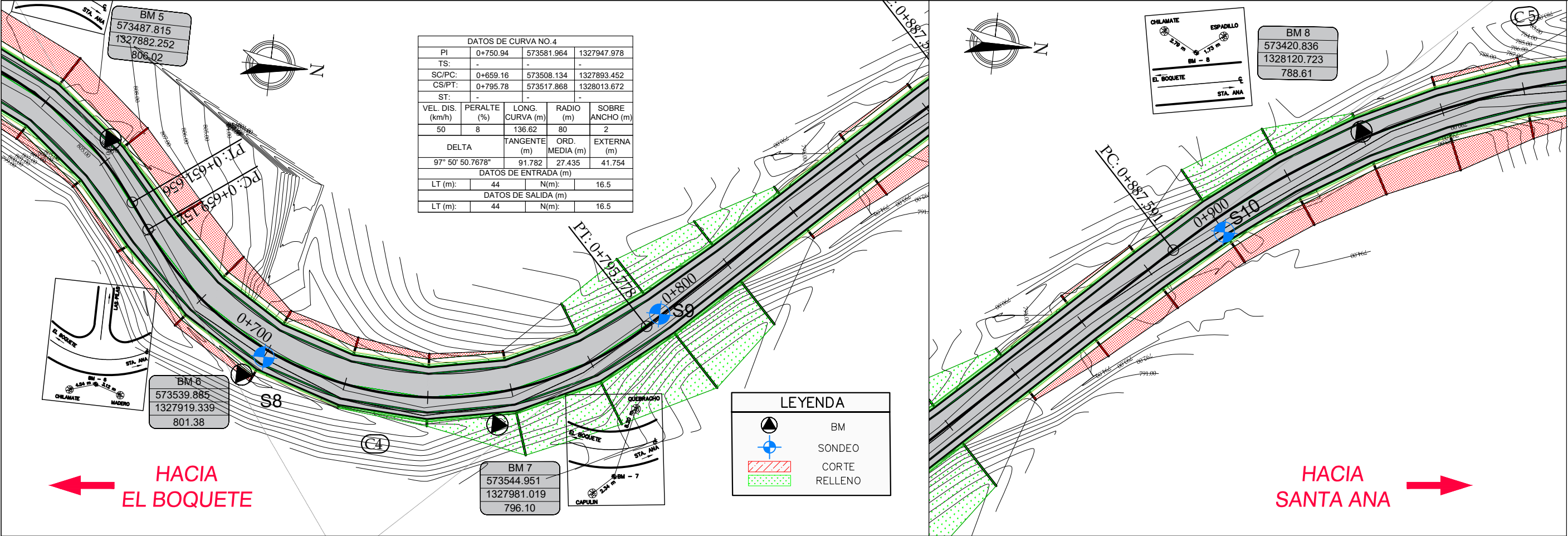
REVISO:
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

DE:
No.:
2
46

ESCALA:
H = 1:1000
V = 1:100

FECHA:
MARZO 2020



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

PLANTA - PERFIL
00+640.00 - 00+960.00

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

ESCALA:

H = 1:1000
V = 1:100

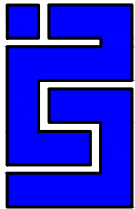
FECHA:

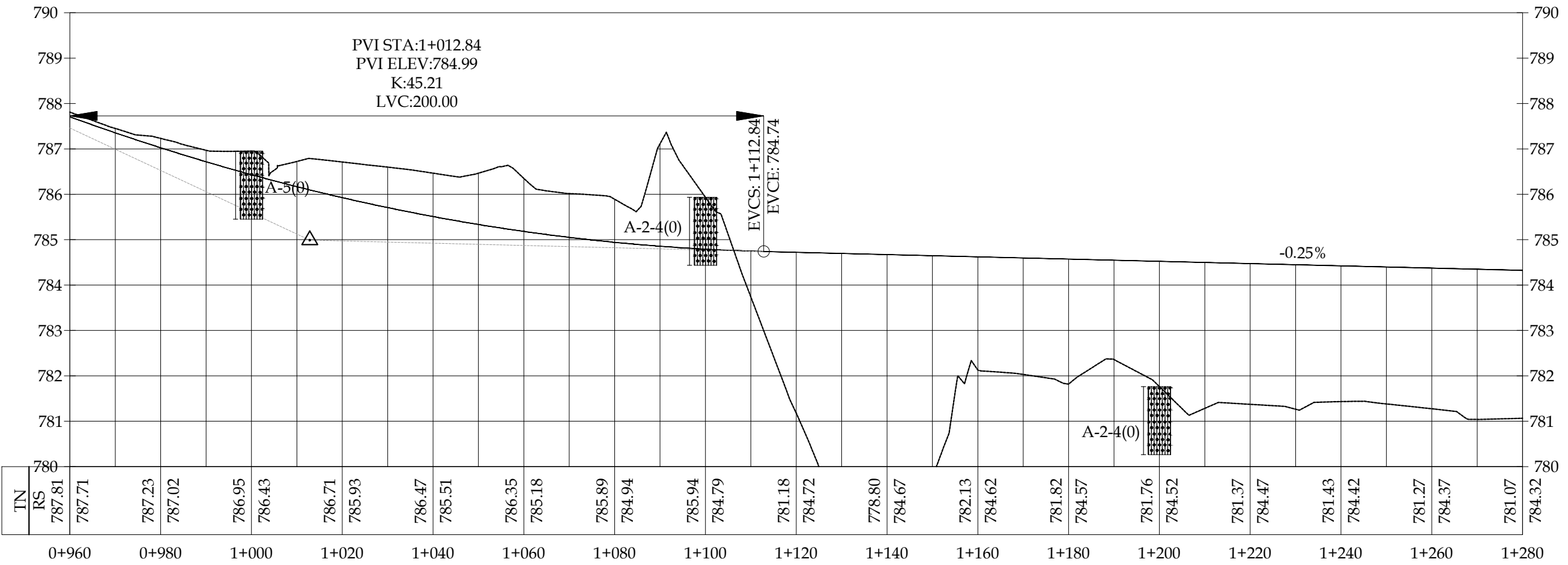
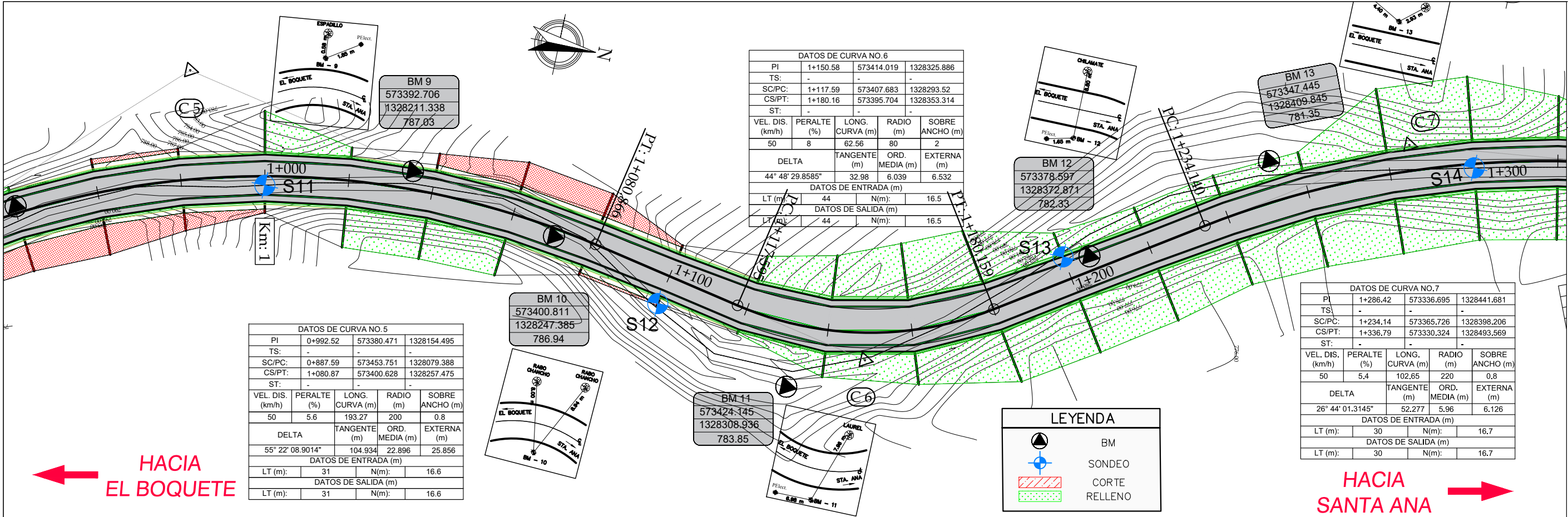
MARZO 2020

LAMINA

No.: 3

DE: 46





PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:
PLANTA - PERFIL
00+960.00 - 01+280.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

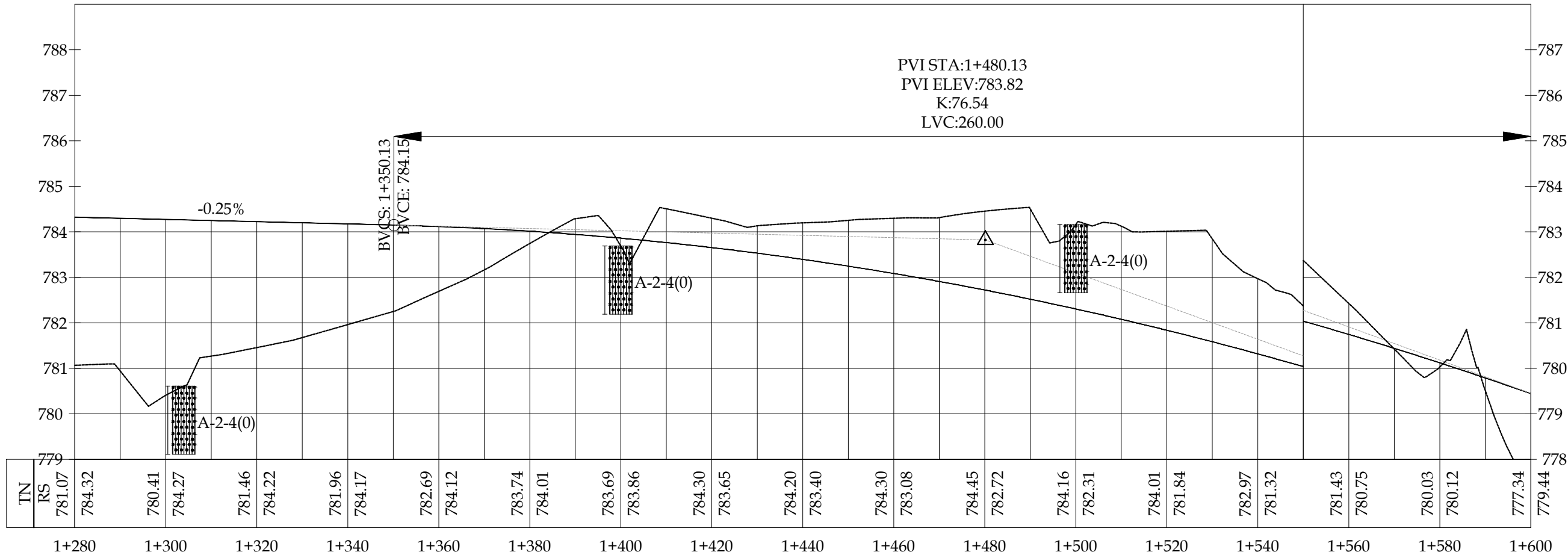
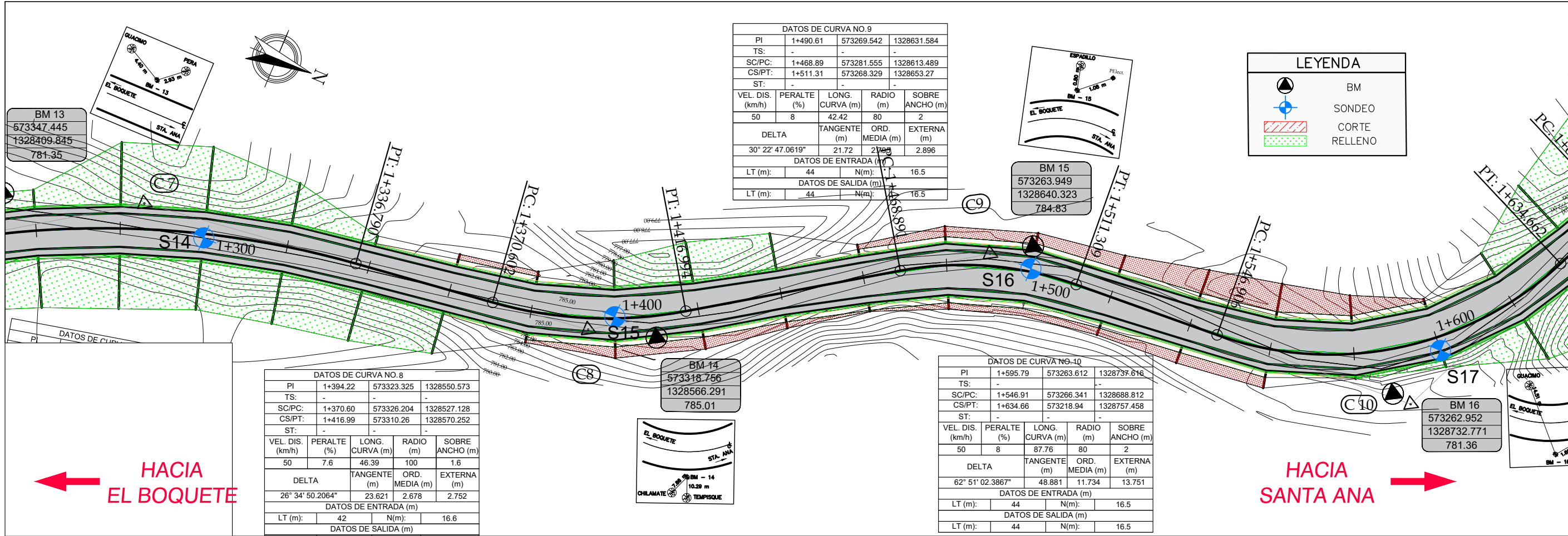
REVISO:
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

DE:
No.:
46

ESCALA:
H = 1:1000
V = 1:100

FECHA:
MARZO 2020



PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL
01+280.00 - 1+600.00

LAMINA

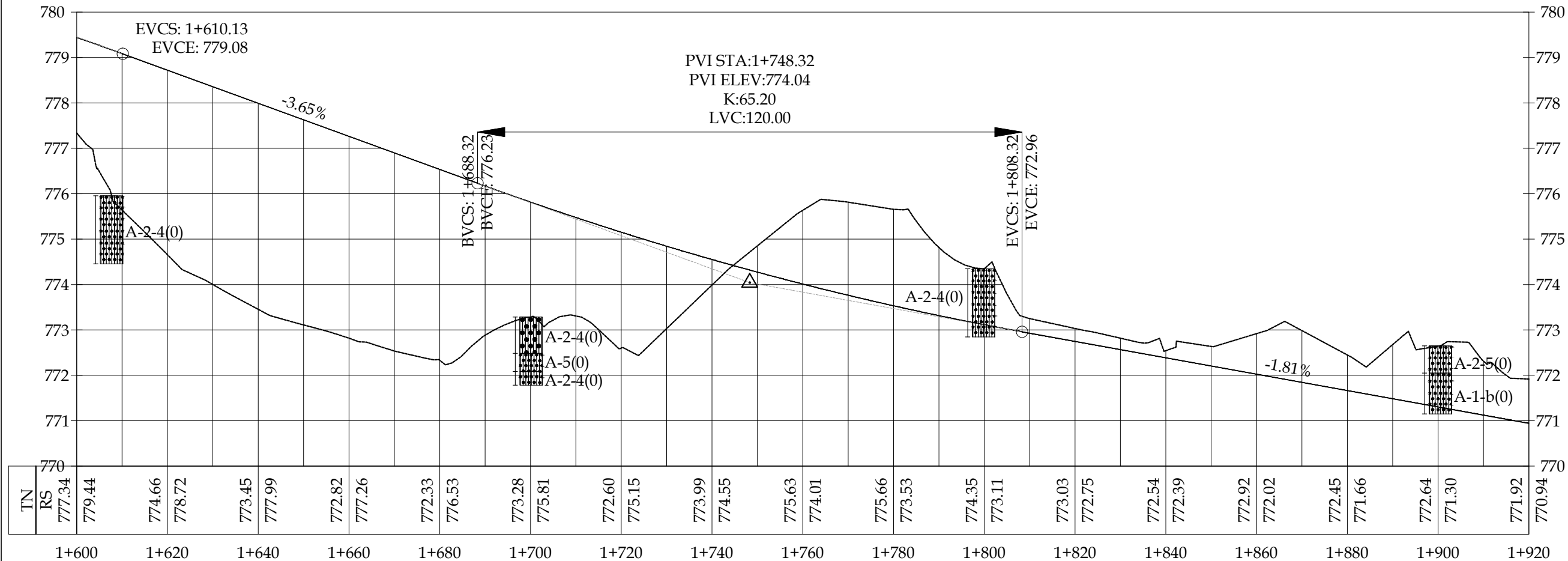
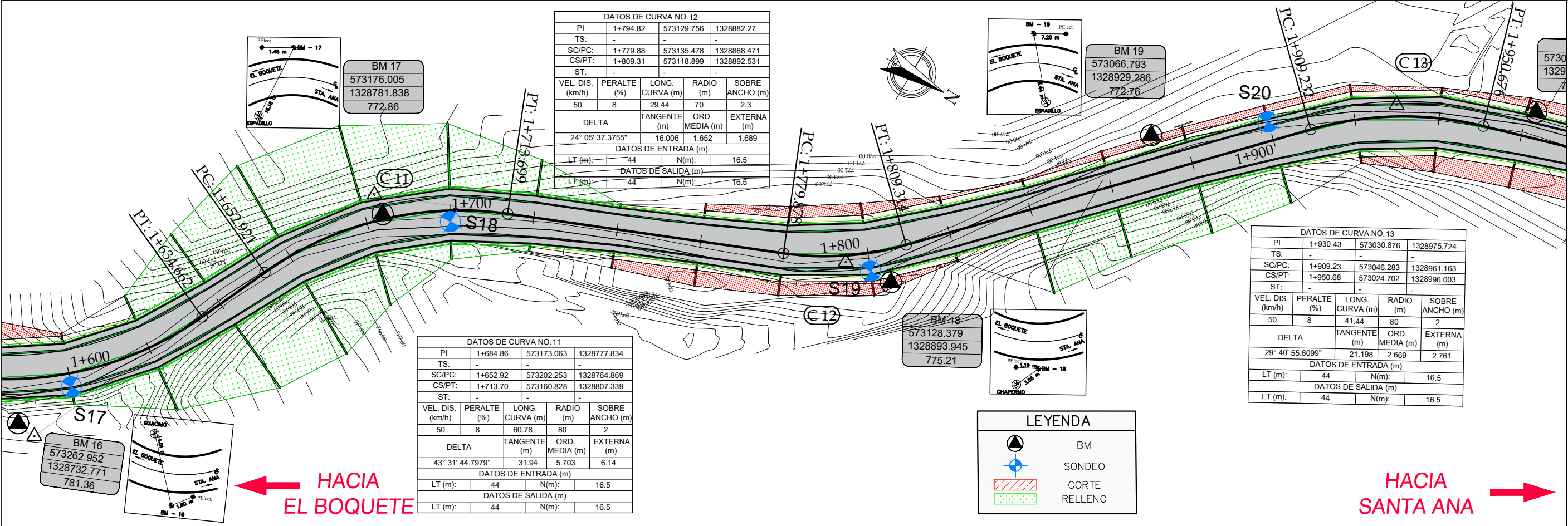
DE: 46
No.: 5

ESCALA: H = 1:1000
V = 1:100

FECHA: MARZO 2020

DISEÑO Y DIBUJO: BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO: ING. JUAN CARLOS MENDOZA



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN CALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

CONTENIDO:

PLANTA - PERFIL
01+600.00 - 01+920.00

LAMINA

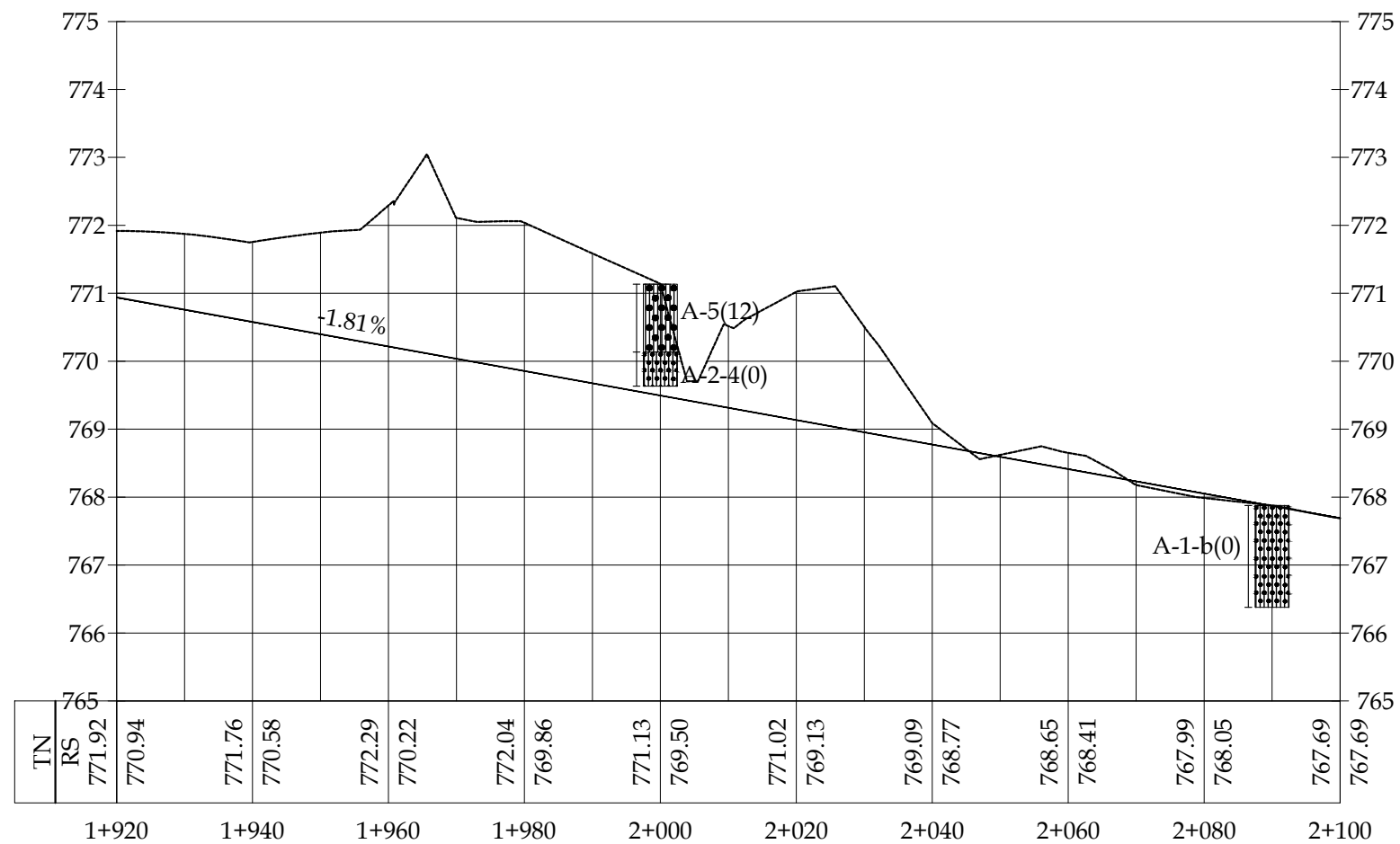
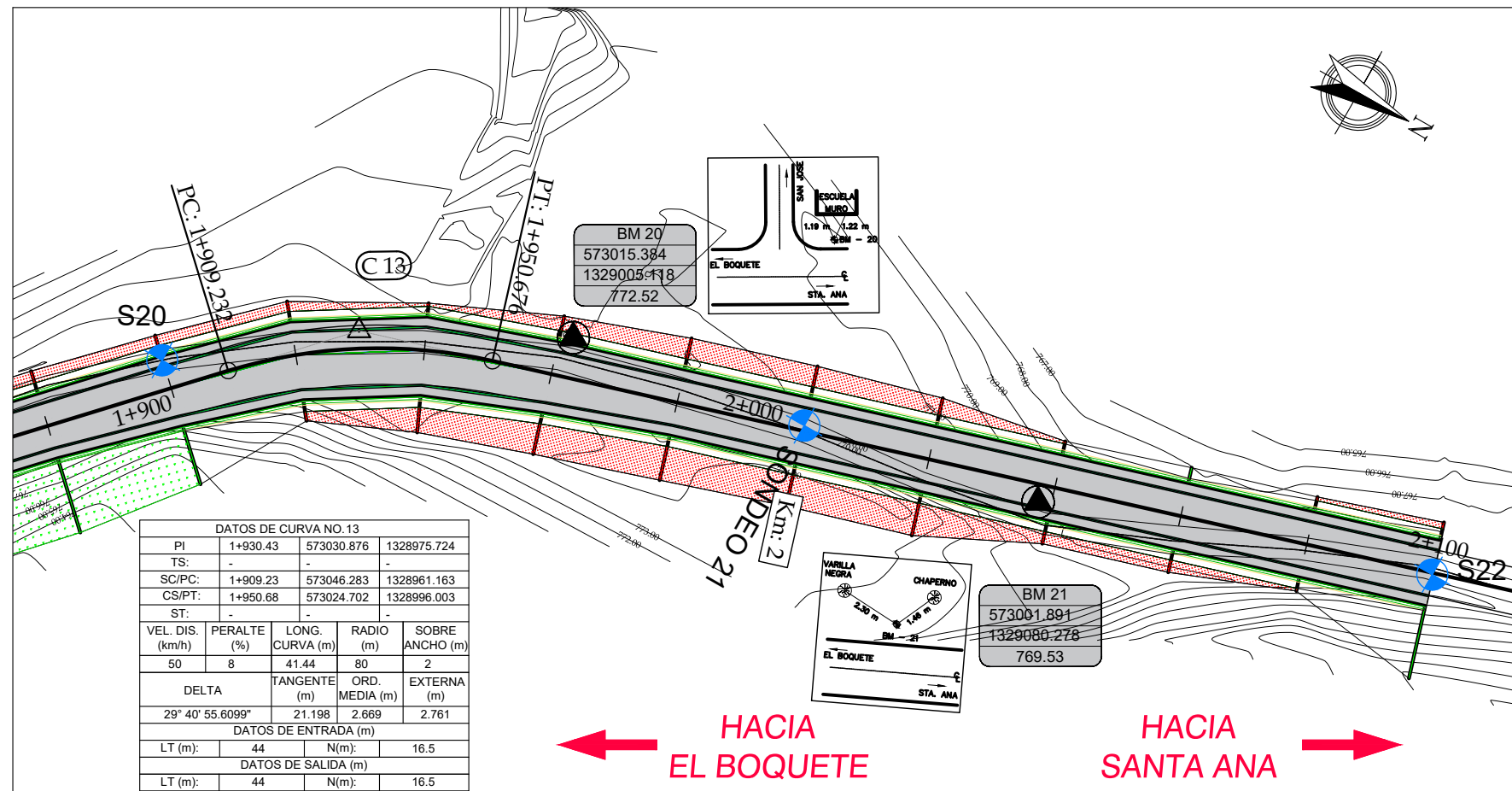
DE: 46
No.: 6


ESCALA:

H = 1:1000
V = 1:100

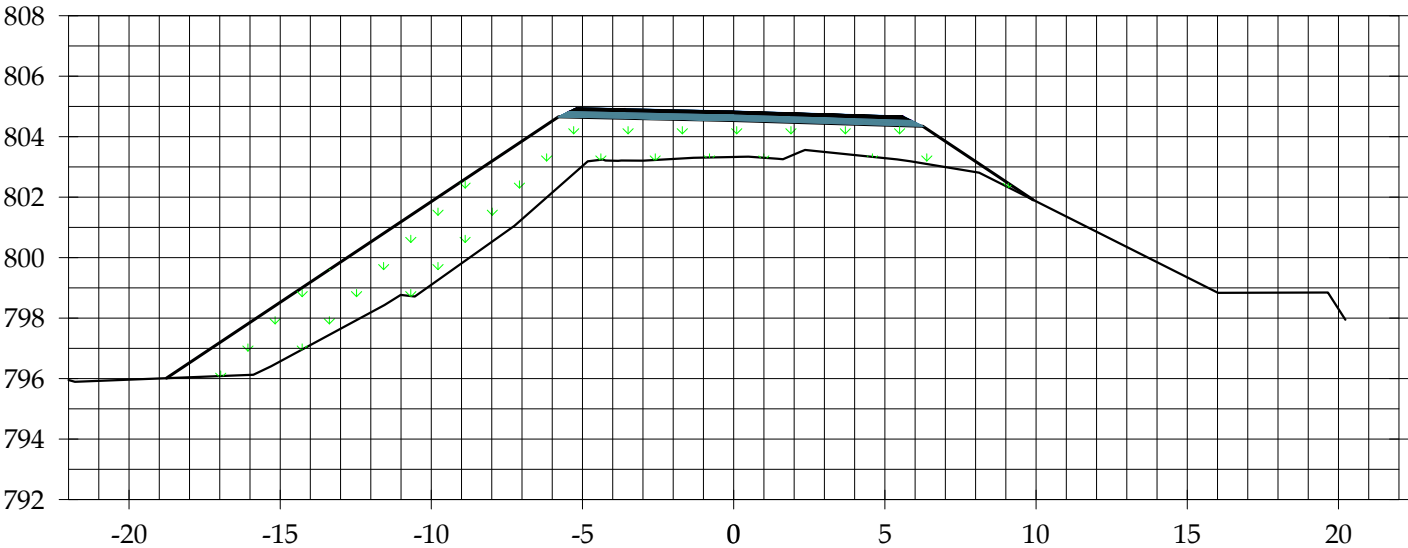
FECHA:

MARZO 2020



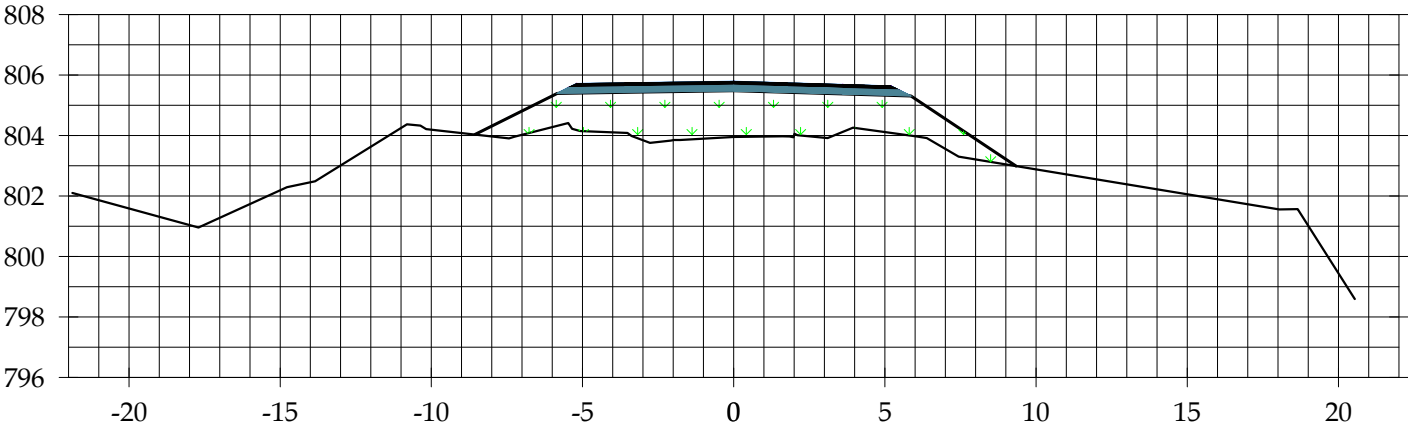
	PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).		LAMINA	
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL 1+960.00 - 2+100.00	DISEÑO Y DIBUJO: BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ	ESCALA: H = 1:1000 V=1:100	No.: 7 DE: 46
		REVISO: ING. JUAN CARLOS MENDOZA	FECHA: MARZO 2020	

0+080.000



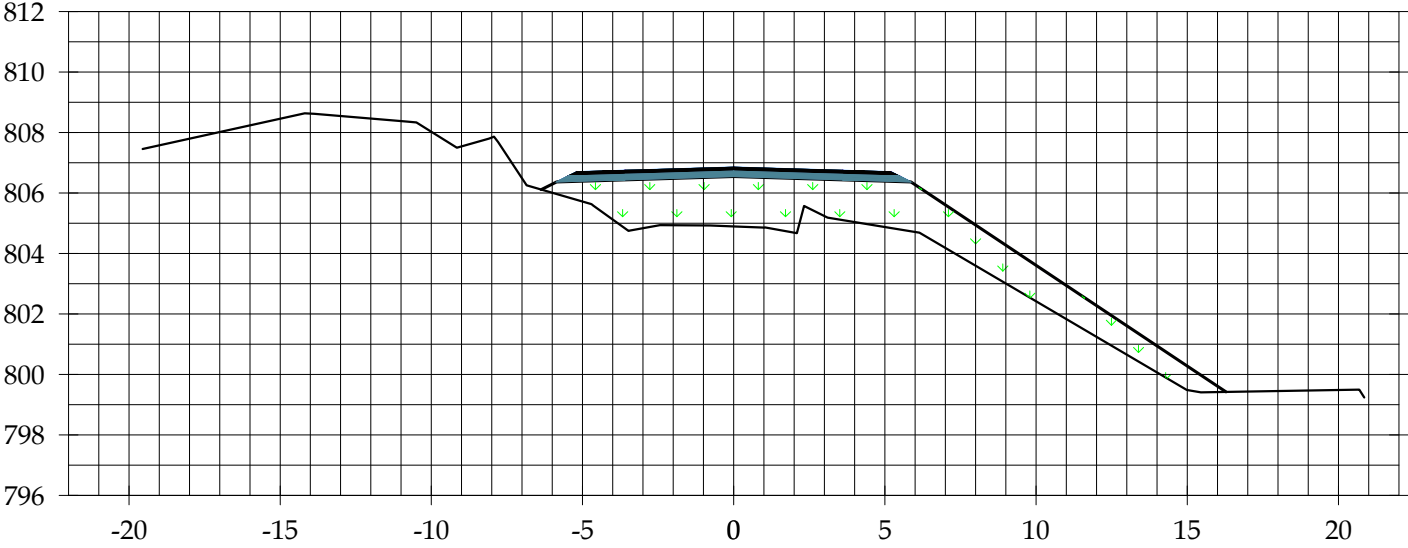
0+080.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	43.53
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	642.73
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	257.30
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	1782.34
VOLUMEN NETO (m3)	-1525.05

0+060.000

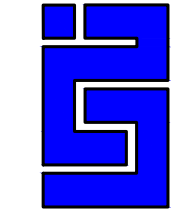


0+060.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	20.74
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	483.75
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	257.30
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	1139.61
VOLUMEN NETO (m3)	-882.31

0+040.000



0+040.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	27.64
VOLUMEN DE CORTE (m3)	62.01
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	458.70
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	257.30
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	655.86
VOLUMEN NETO (m3)	-398.56



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+040.00 - 0+080.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

9

DE:

46

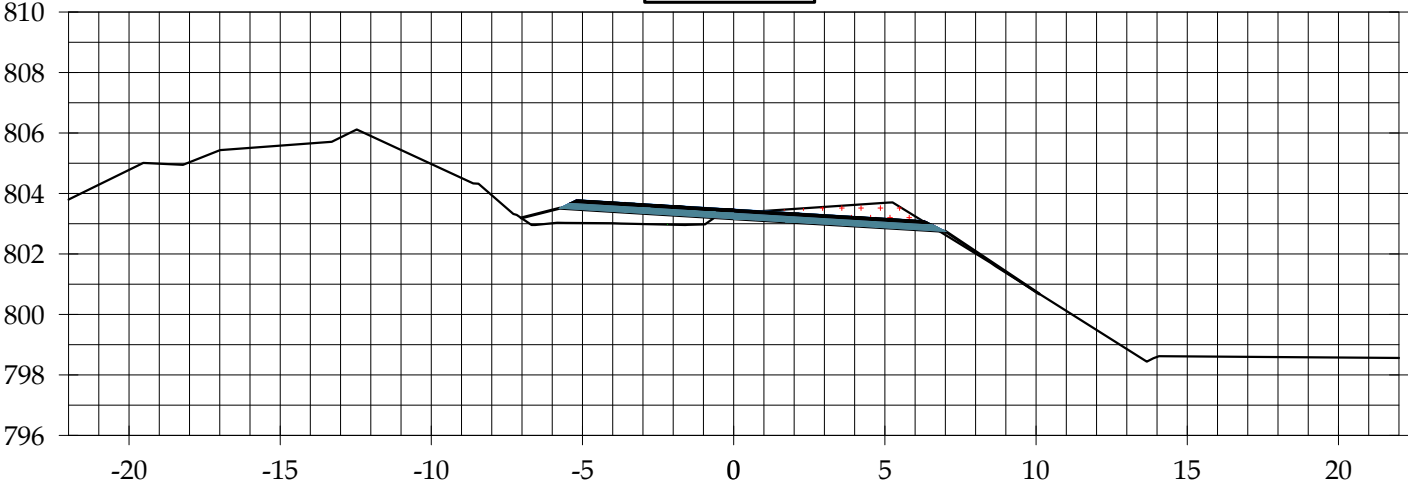
ESCALA:

1:250

FECHA:

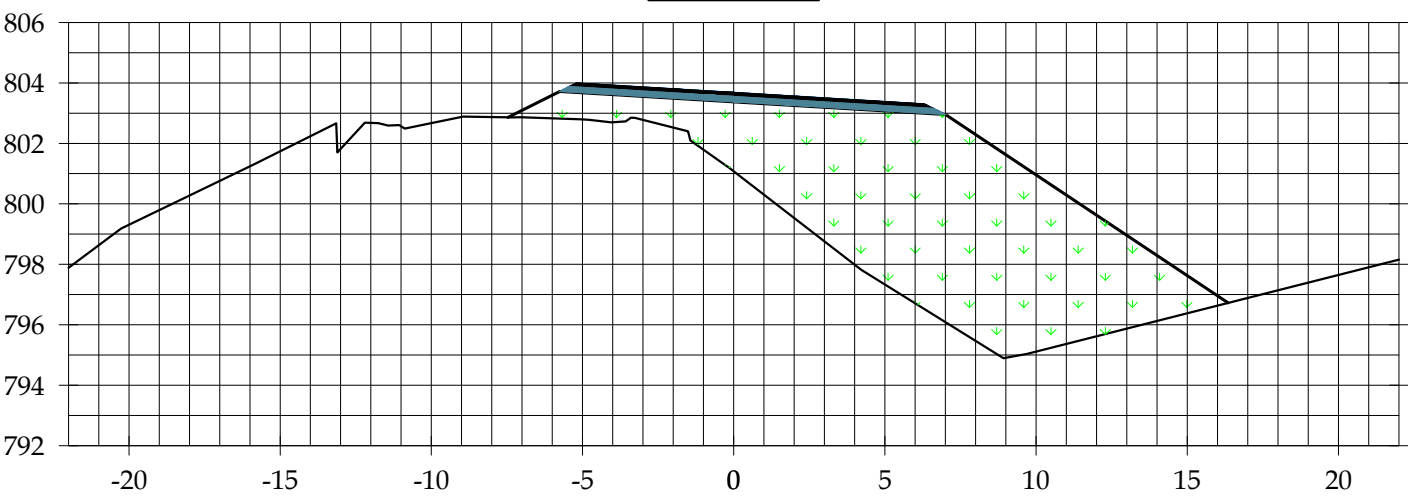
MARZO 2020

0+140.000



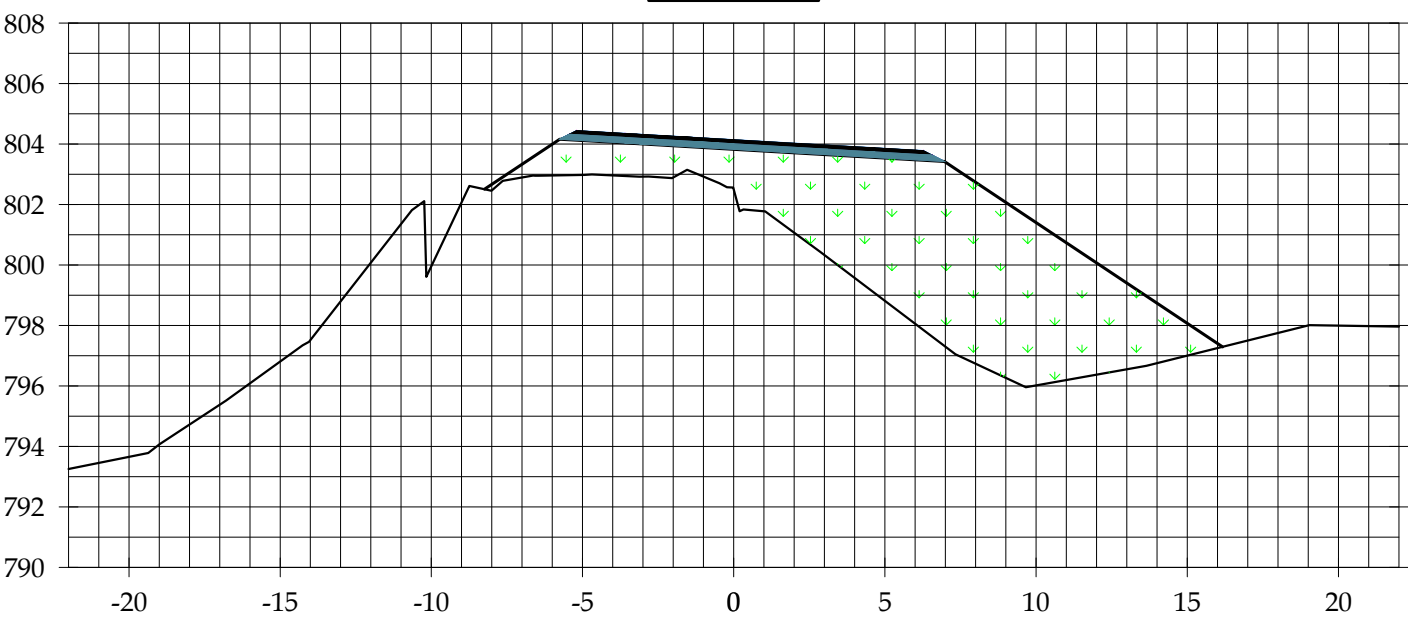
0+140.00	
AREA DE CORTE (m2)	3.50
AREA DE RELLENO (m2)	2.43
VOLUMEN DE CORTE (m3)	34.32
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	782.92
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	291.62
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5093.46
VOLUMEN NETO (m3)	-4801.85

0+120.000

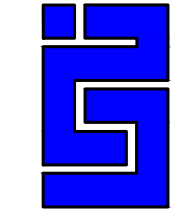


0+120.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	78.63
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1415.33
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	257.30
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	4310.55
VOLUMEN NETO (m3)	-4053.25

0+100.000



0+100.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	68.15
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1112.87
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	257.30
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	2895.21
VOLUMEN NETO (m3)	-2637.92



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+100.00 - 0+140.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

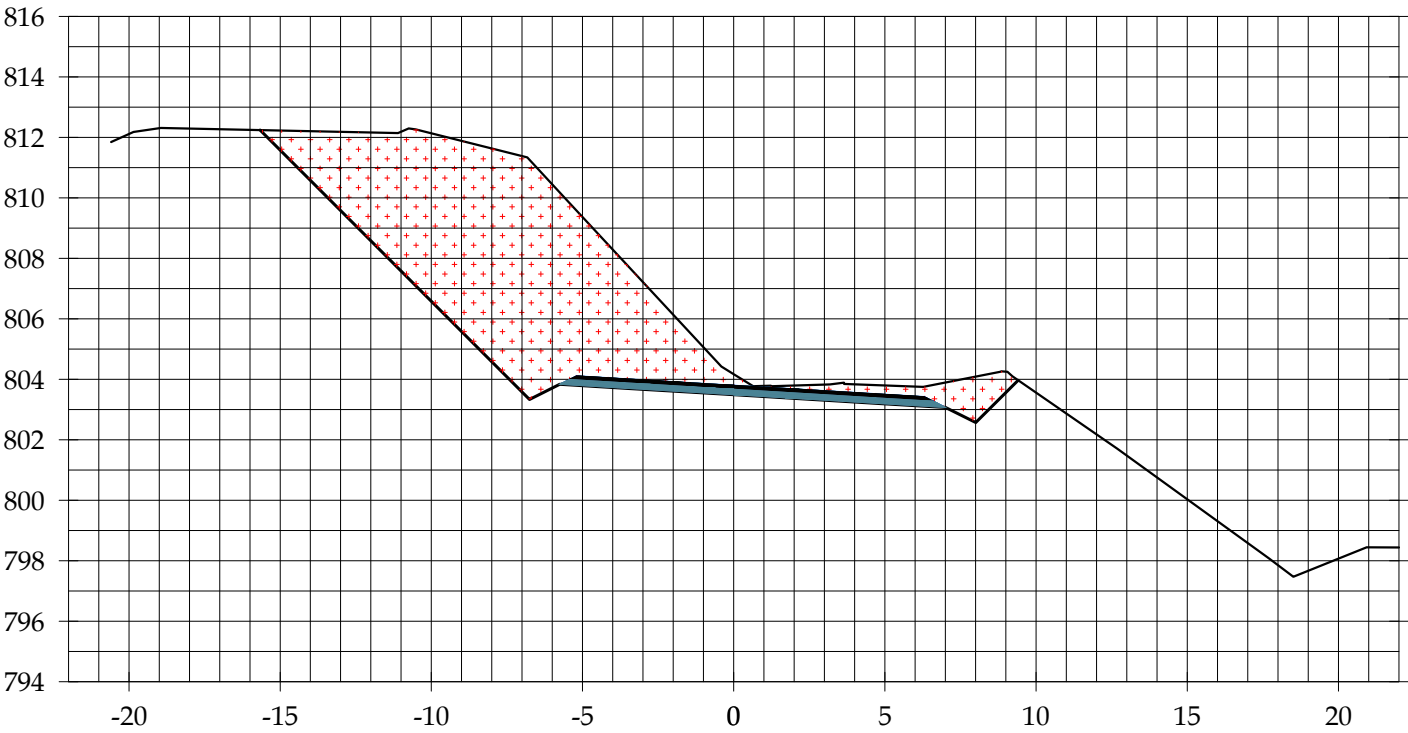
No.:

10

DE:

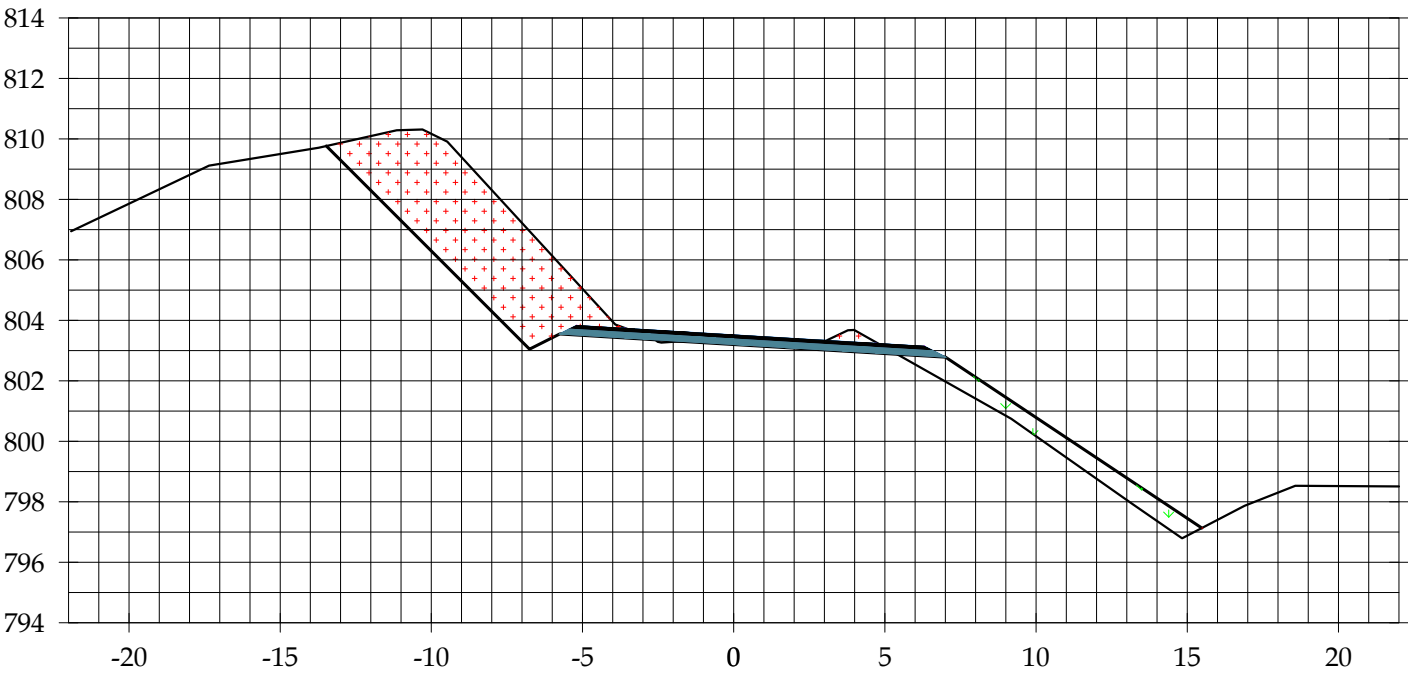
46

0+180.000

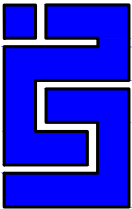


0+180.00	
AREA DE CORTE (m2)	70.81
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1024.62
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	59.73
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	1641.89
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5237.69
VOLUMEN NETO (m3)	-3595.79

0+160.000



0+160.00	
AREA DE CORTE (m2)	27.92
AREA DE RELLENO (m2)	6.35
VOLUMEN DE CORTE (m3)	325.65
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	84.49
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	617.27
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5177.96
VOLUMEN NETO (m3)	-4560.69



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+160.00 - 0+180.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

11

DE:

46

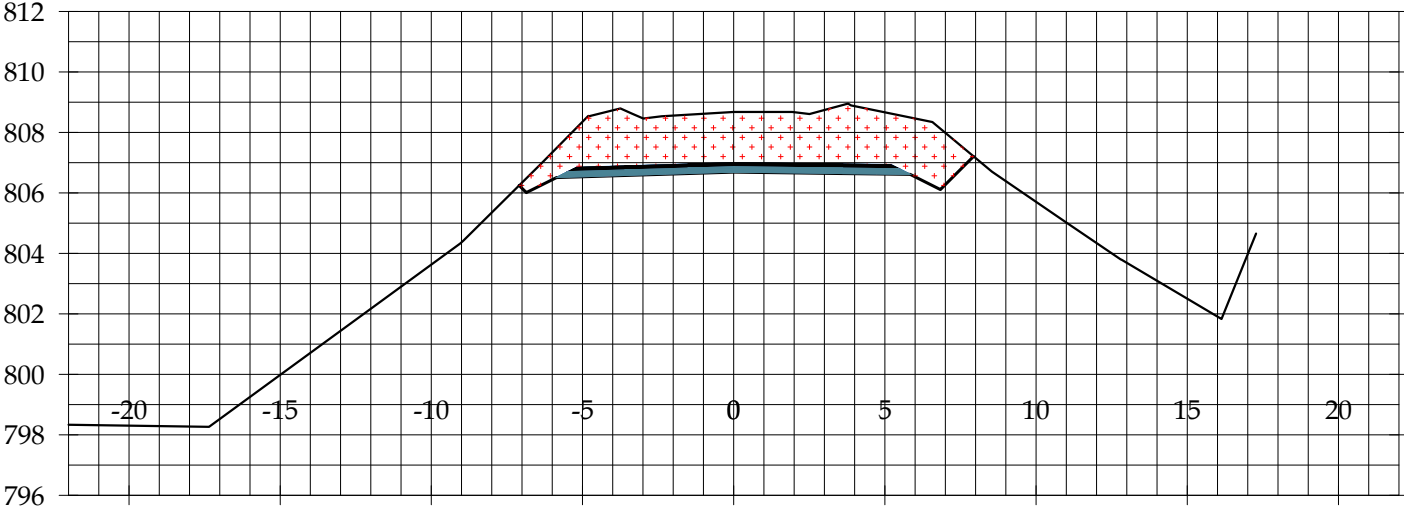
ESCALA:

1:250

FECHA:

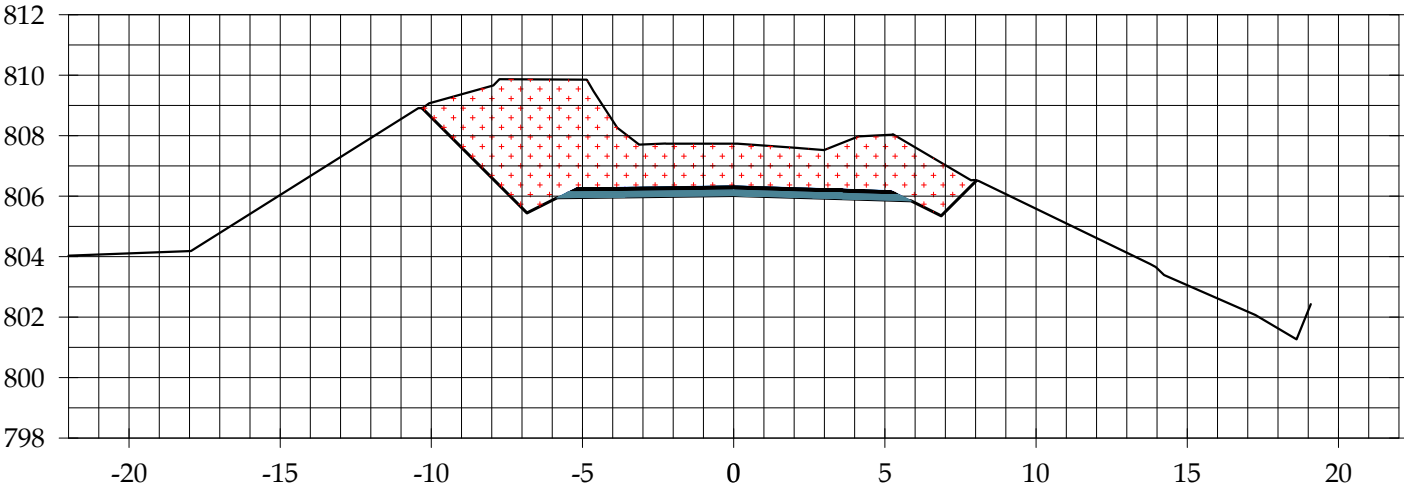
MARZO 2020

0+280.000



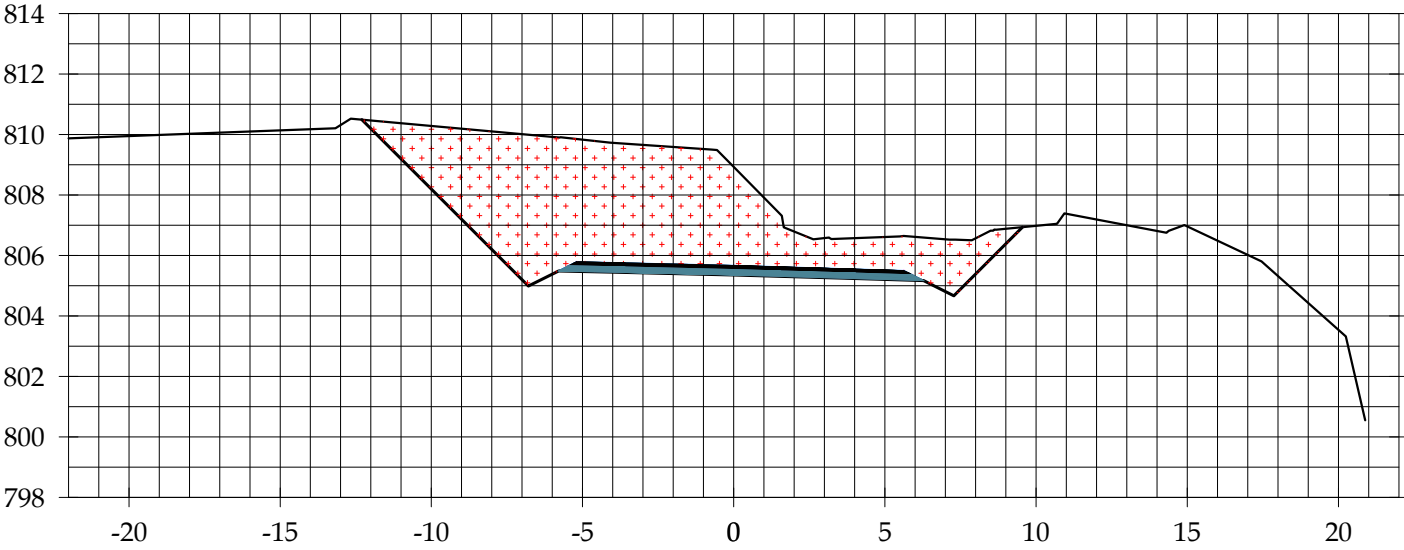
0+280.00	
AREA DE CORTE (m2)	27.05
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	664.70
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	10428.14
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5237.69
VOLUMEN NETO (m3)	5190.46

0+260.000

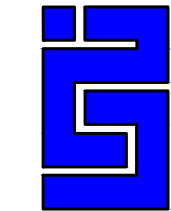


0+260.00	
AREA DE CORTE (m2)	39.43
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	970.17
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	9763.44
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5237.69
VOLUMEN NETO (m3)	4525.75

0+240.000



0+240.00	
AREA DE CORTE (m2)	57.59
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	2275.38
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	8793.27
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5237.69
VOLUMEN NETO (m3)	3555.58



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+240.00 - 0+280.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

13

DE:

46

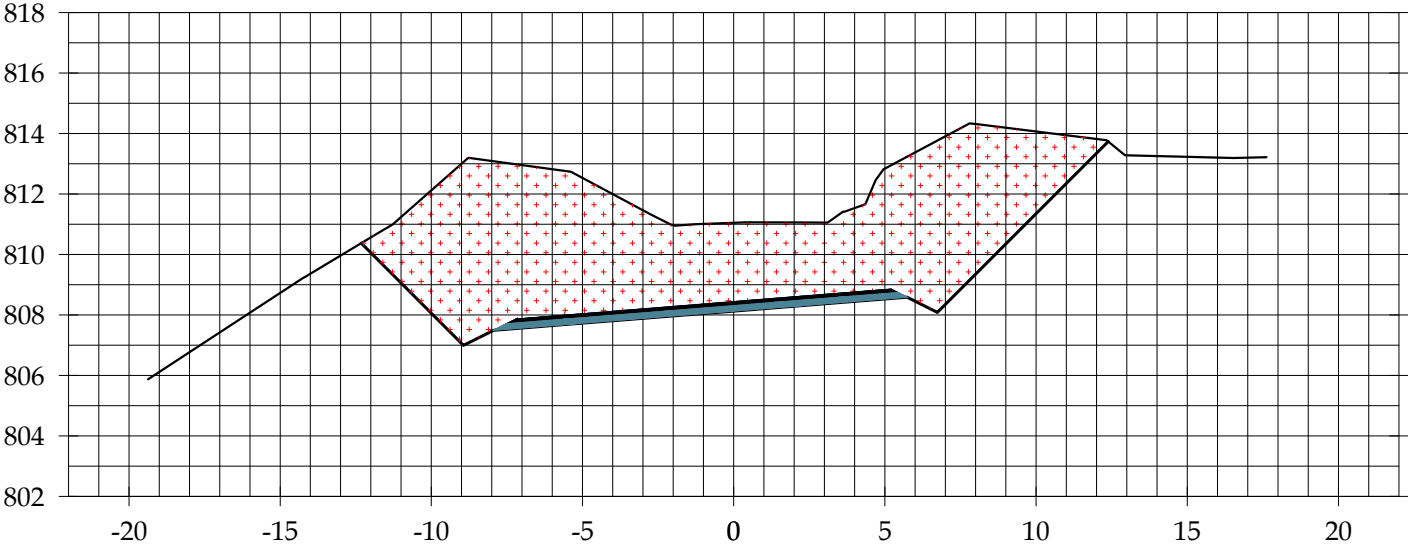
ESCALA:

1:250

FECHA:

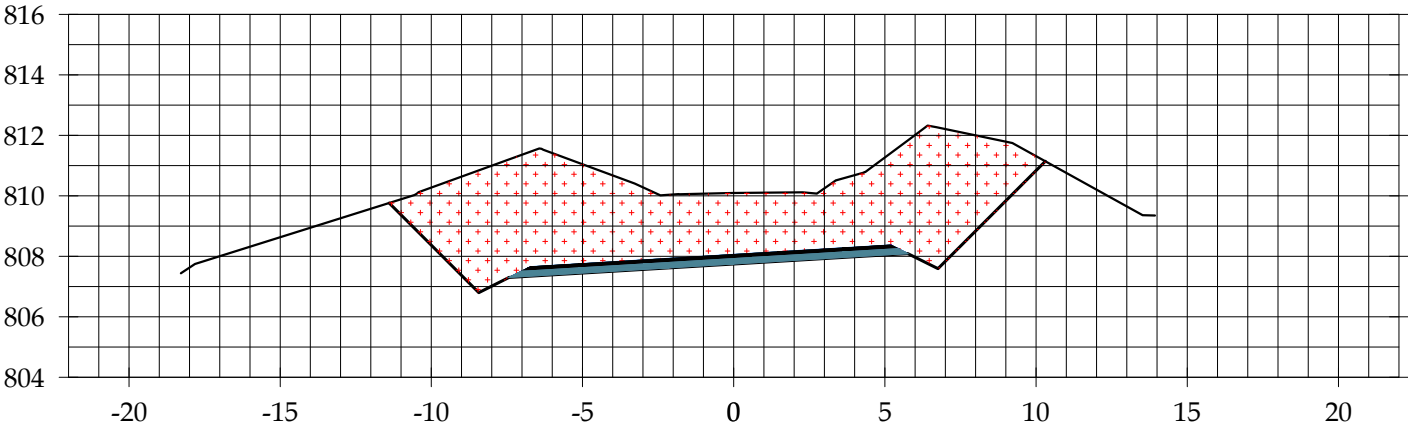
MARZO 2020

0+340.000



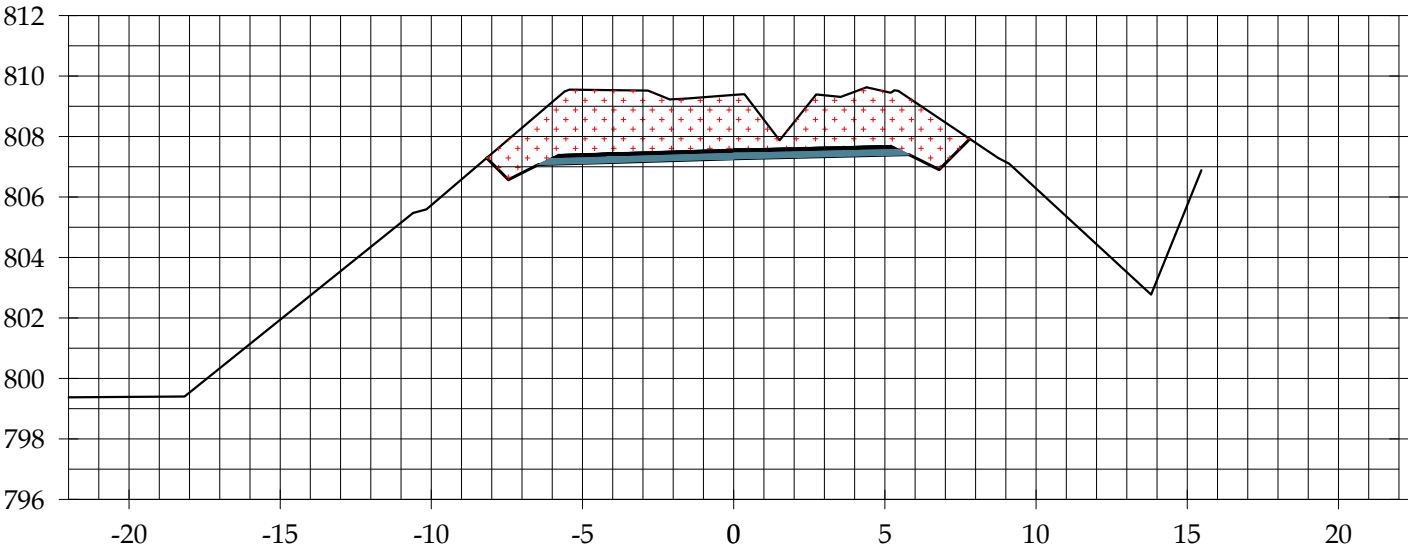
0+340.00	
AREA DE CORTE (m2)	89.96
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1499.34
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	13392.98
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5237.69
VOLUMEN NETO (m3)	8155.29

0+320.000

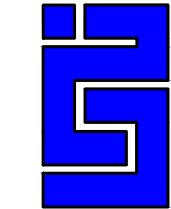


0+320.00	
AREA DE CORTE (m2)	61.18
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	902.82
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	11893.63
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5237.69
VOLUMEN NETO (m3)	6655.95

0+300.000



0+300.00	
AREA DE CORTE (m2)	29.22
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	562.67
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	10990.81
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5237.69
VOLUMEN NETO (m3)	5753.13



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+300.00 - 0+340.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

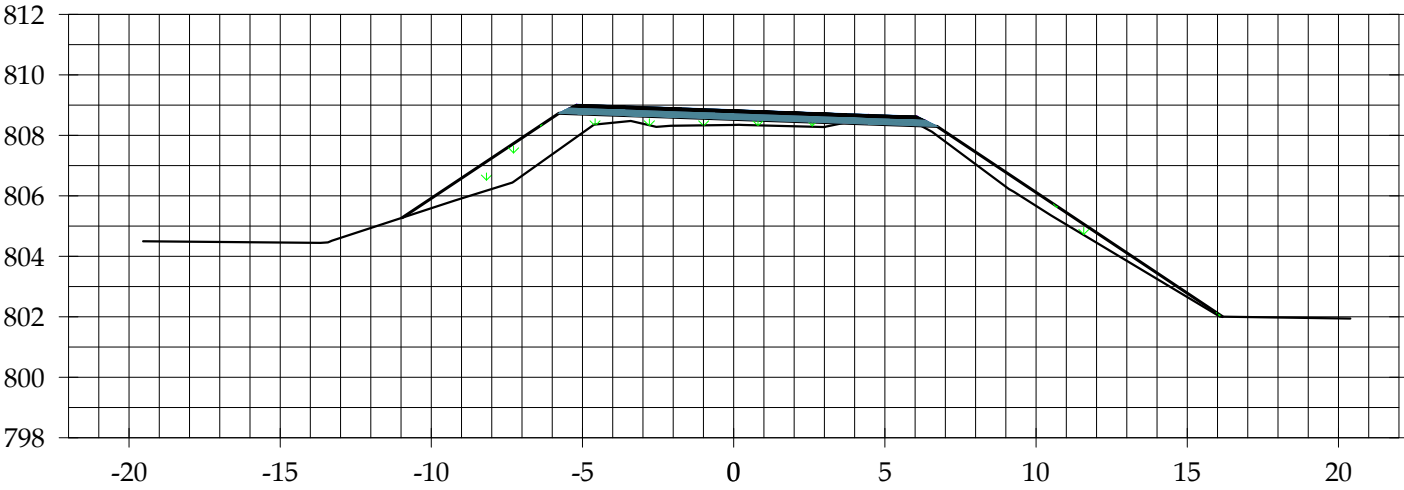
No.:

14

DE:

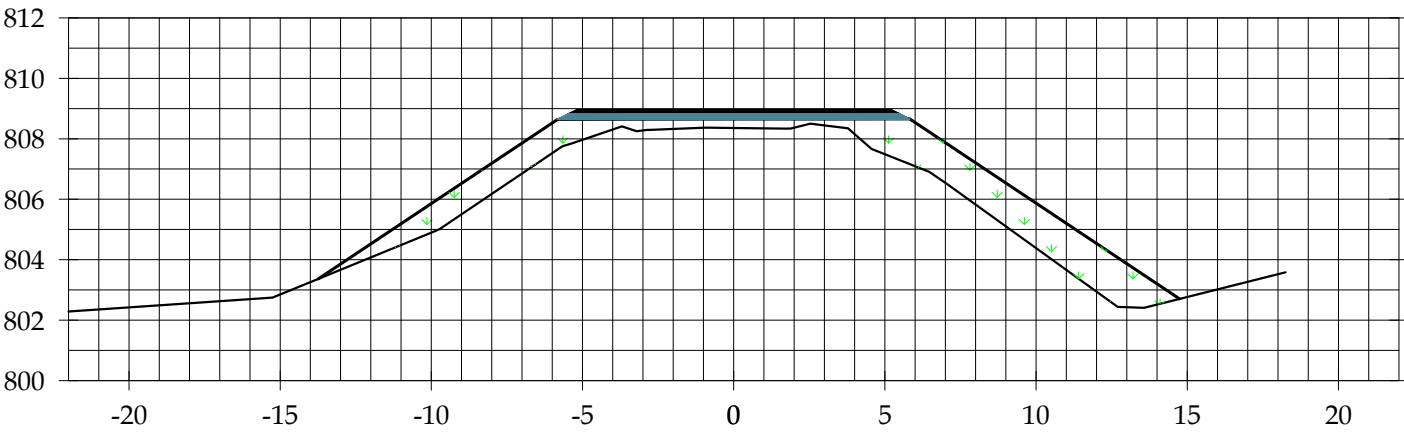
46

0+440.000



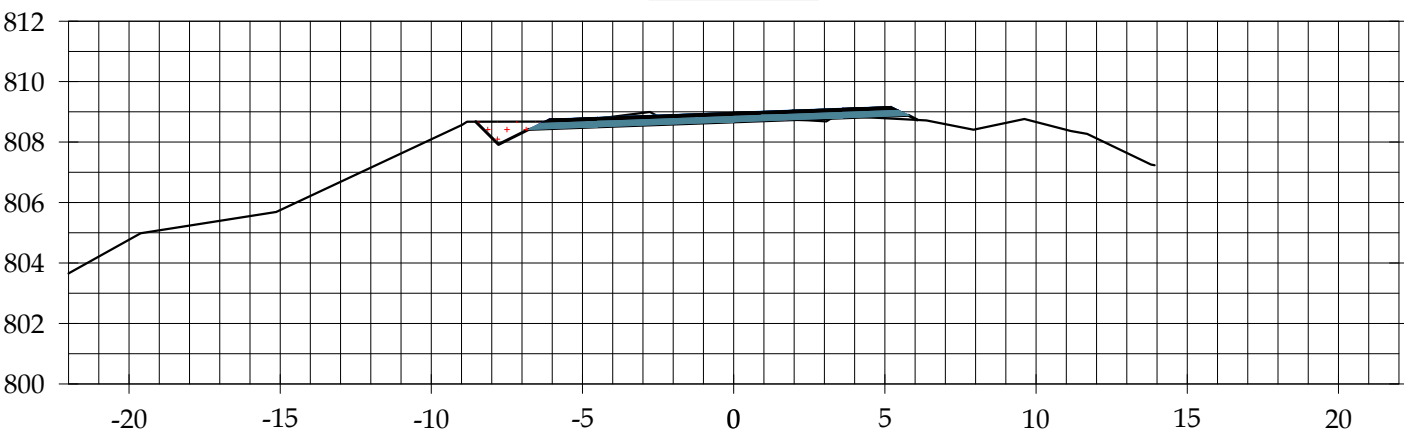
0+440.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.07
AREA DE RELLENO (m2)	9.77
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.68
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	331.84
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	16893.36
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5807.35
VOLUMEN NETO (m3)	11086.01

0+420.000

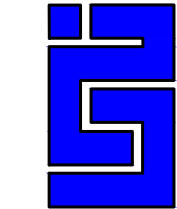


0+420.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	23.41
VOLUMEN DE CORTE (m3)	24.44
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	235.95
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	16892.69
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5475.51
VOLUMEN NETO (m3)	11417.17

0+400.000



0+400.00	
AREA DE CORTE (m2)	2.44
AREA DE RELLENO (m2)	0.18
VOLUMEN DE CORTE (m3)	417.21
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1.88
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	16868.25
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5239.56
VOLUMEN NETO (m3)	11628.68



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+400.00 - 0+440.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

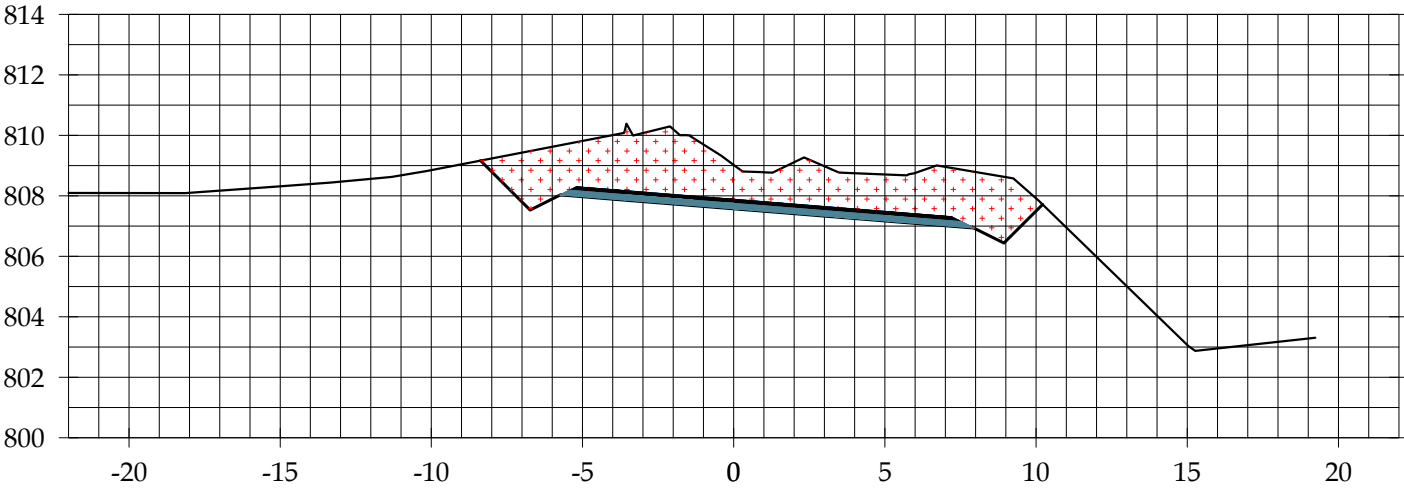
No.:

16

DE:

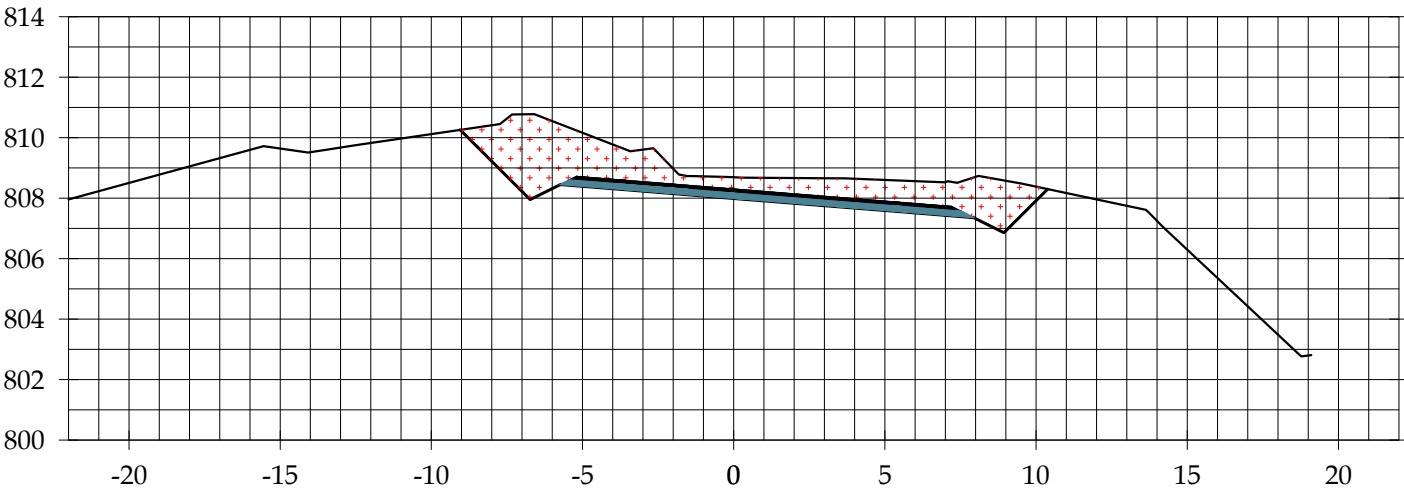
46

0+500.000



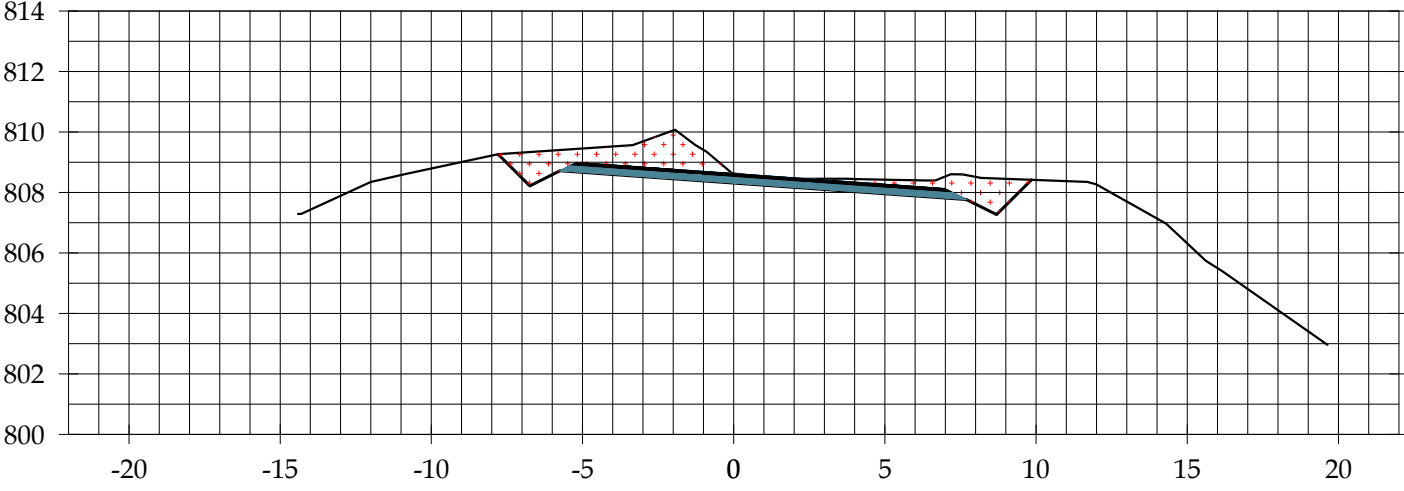
0+500.00	
AREA DE CORTE (m2)	31.64
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	543.09
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	17911.33
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5905.49
VOLUMEN NETO (m3)	12005.84

0+480.000



0+480.00	
AREA DE CORTE (m2)	22.93
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	352.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	17368.23
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5905.49
VOLUMEN NETO (m3)	11462.74

0+460.000



0+460.00	
AREA DE CORTE (m2)	12.24
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	122.87
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	98.14
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	17016.24
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5905.49
VOLUMEN NETO (m3)	11110.75



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+460.00 - 0+500.00

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

ESCALA:

1:250

FECHA:

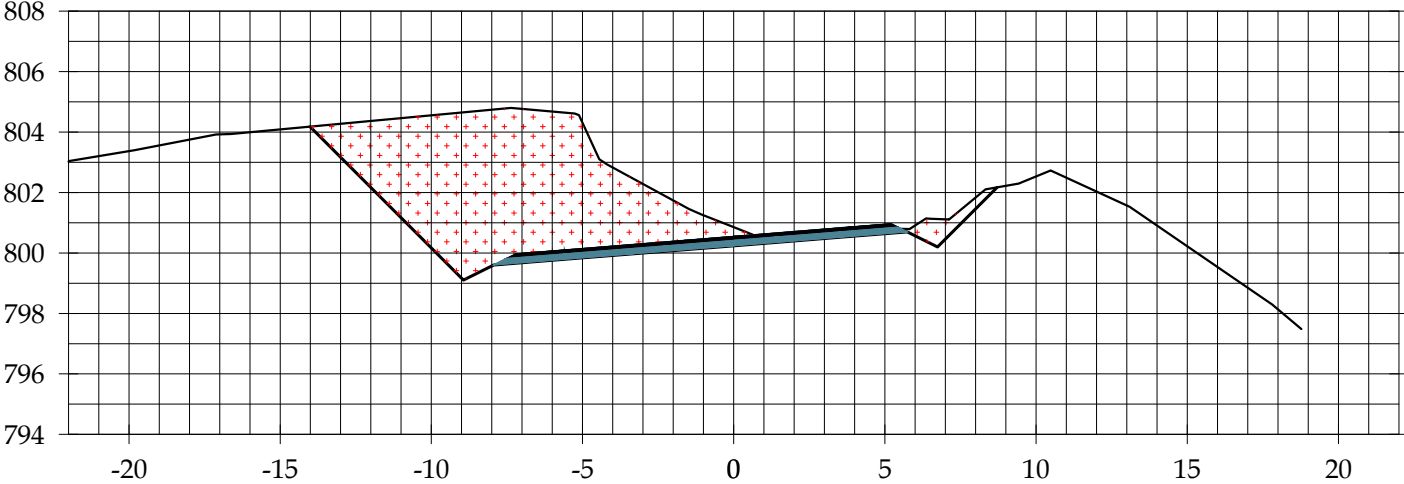
MARZO 2020

LAMINA

No.: 17

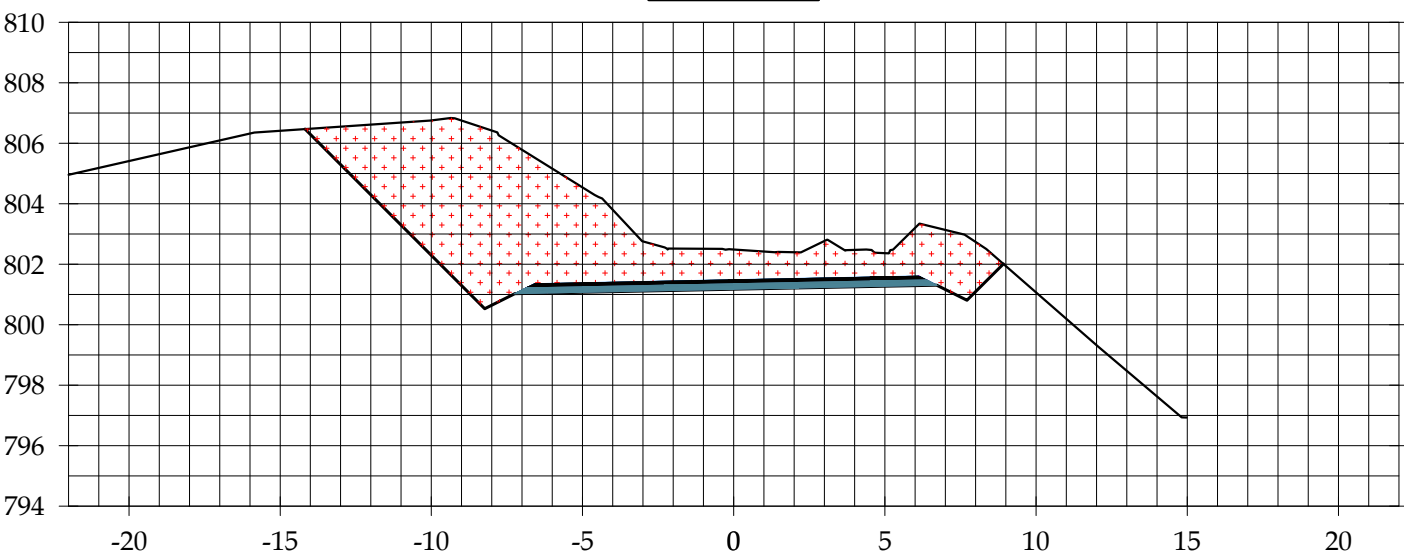
DE: 46

0+680.000



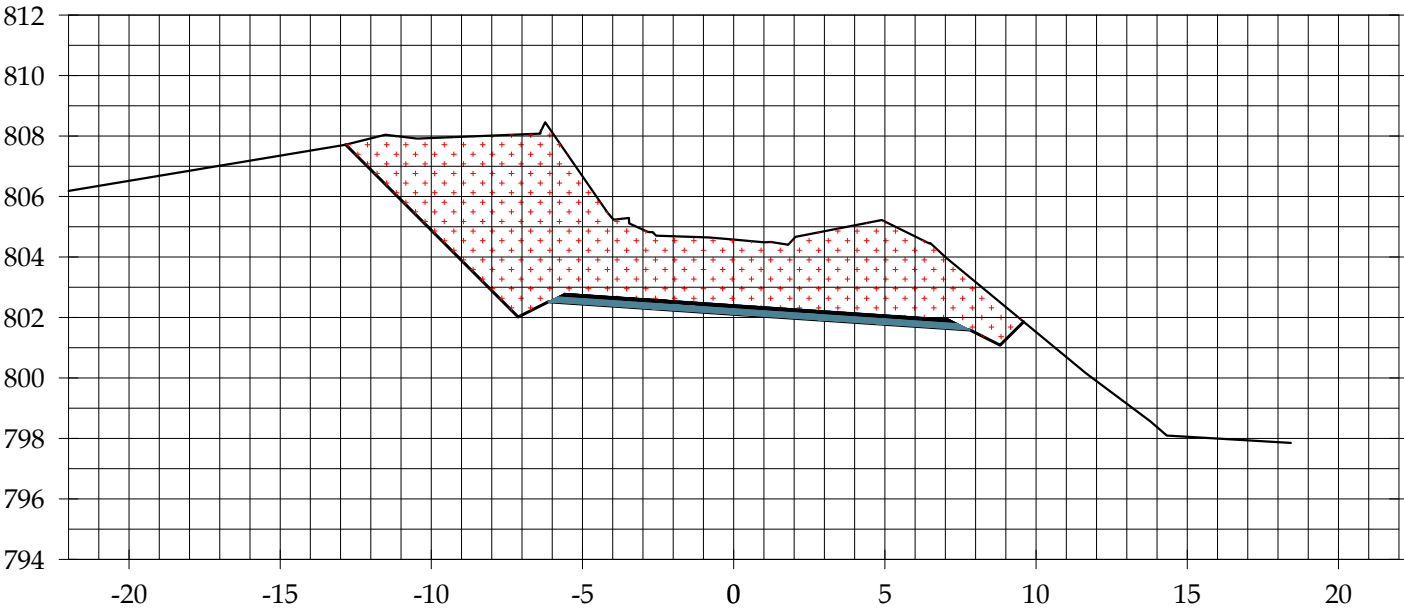
0+680.00	
AREA DE CORTE (m2)	47.04
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	954.42
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	31070.26
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5905.49
VOLUMEN NETO (m3)	25164.77

0+660.000

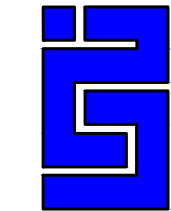


0+660.00	
AREA DE CORTE (m2)	55.54
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1249.67
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	30115.84
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5905.49
VOLUMEN NETO (m3)	24210.35

0+640.000



0+640.00	
AREA DE CORTE (m2)	66.73
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1612.44
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	28866.17
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5905.49
VOLUMEN NETO (m3)	22960.68



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+6400.00 - 0+680.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

21

DE:

46

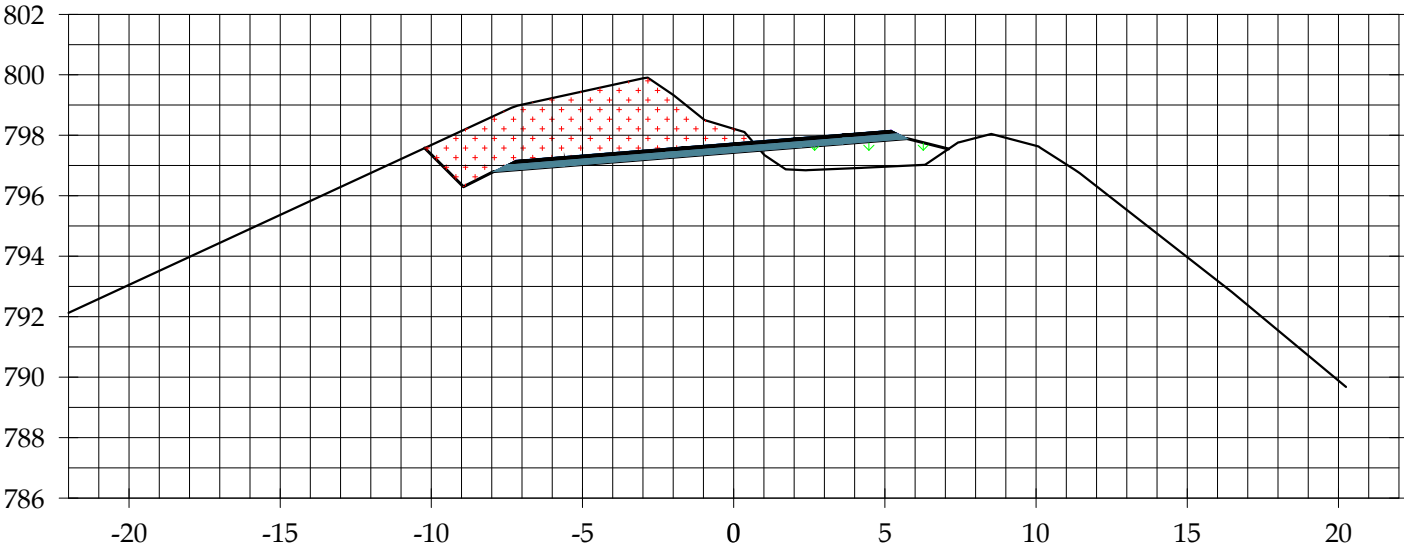
ESCALA:

1:250

FECHA:

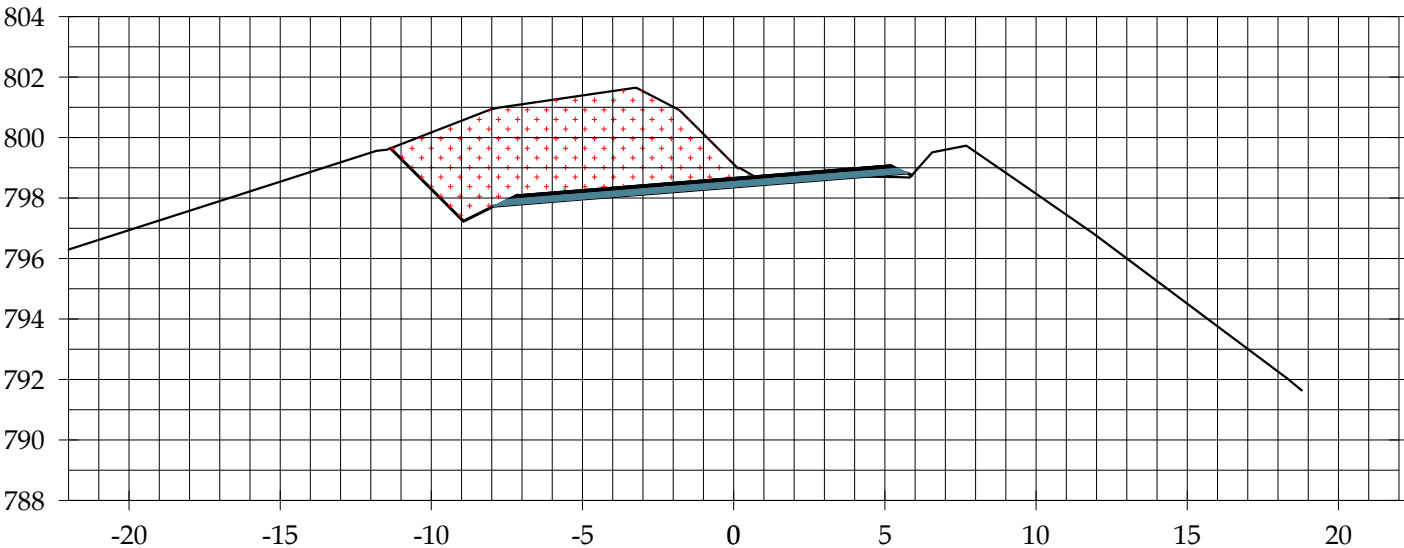
MARZO 2020

0+740.000



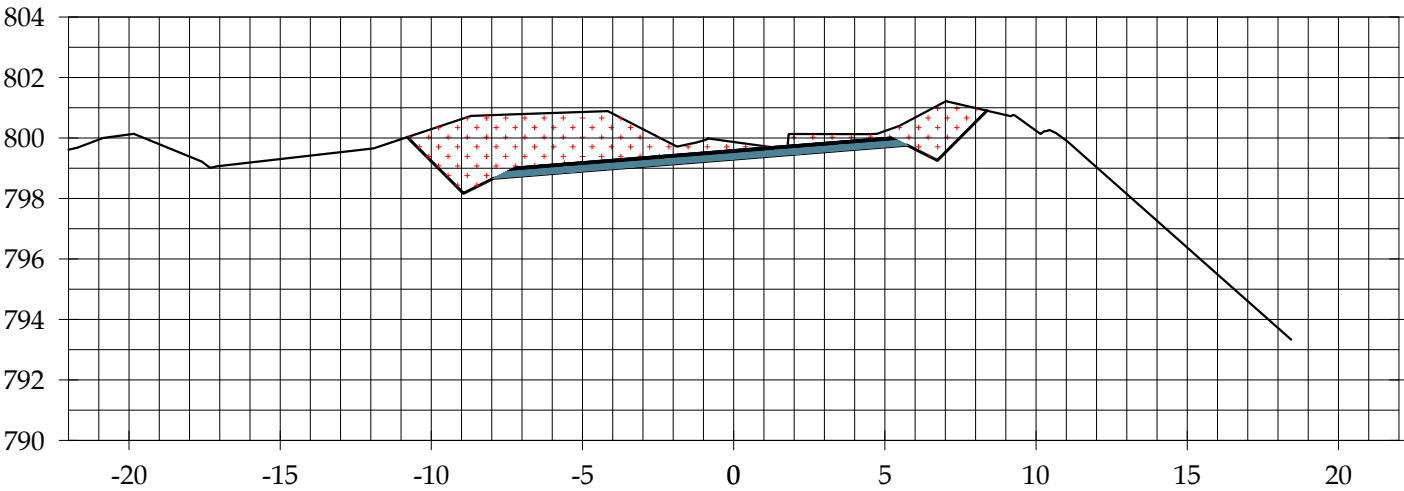
0+740.00	
AREA DE CORTE (m2)	20.05
AREA DE RELLENO (m2)	4.38
VOLUMEN DE CORTE (m3)	483.43
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	47.25
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	32704.96
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5953.96
VOLUMEN NETO (m3)	26751.00

0+720.000

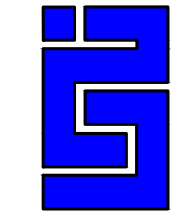


0+720.00	
AREA DE CORTE (m2)	31.63
AREA DE RELLENO (m2)	0.11
VOLUMEN DE CORTE (m3)	507.31
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1.22
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	32221.53
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5906.71
VOLUMEN NETO (m3)	26314.82

0+700.000



0+700.00	
AREA DE CORTE (m2)	22.08
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	643.96
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	31714.22
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	5905.49
VOLUMEN NETO (m3)	25808.73



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+700.00 - 0+740.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

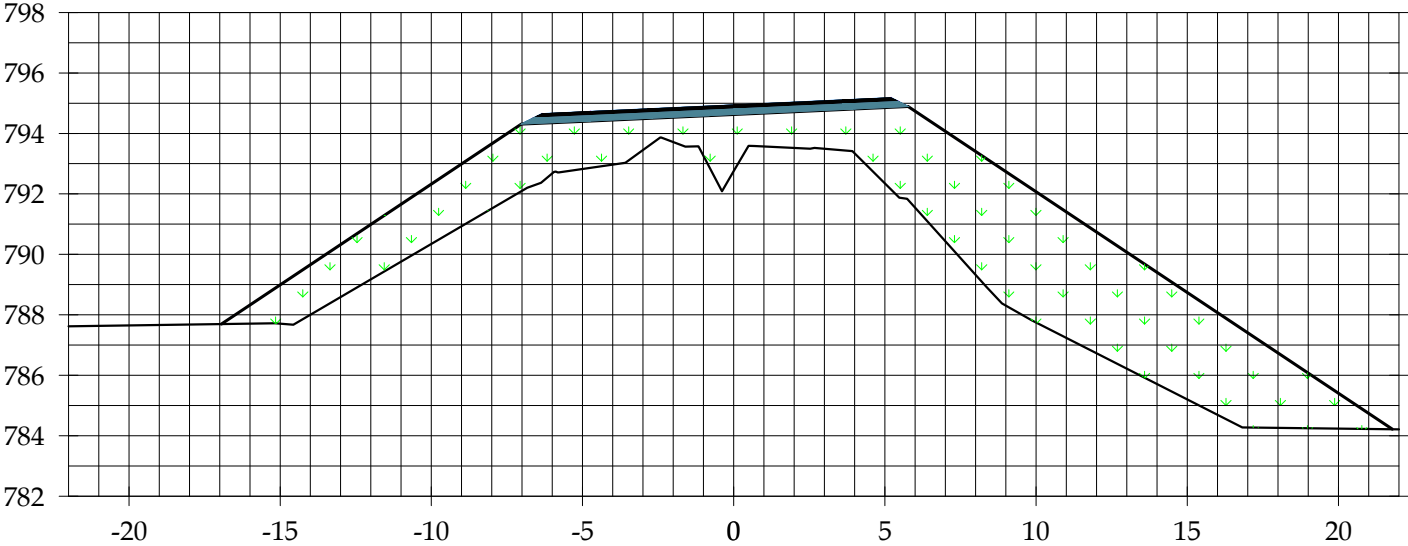
No.:

22

DE:

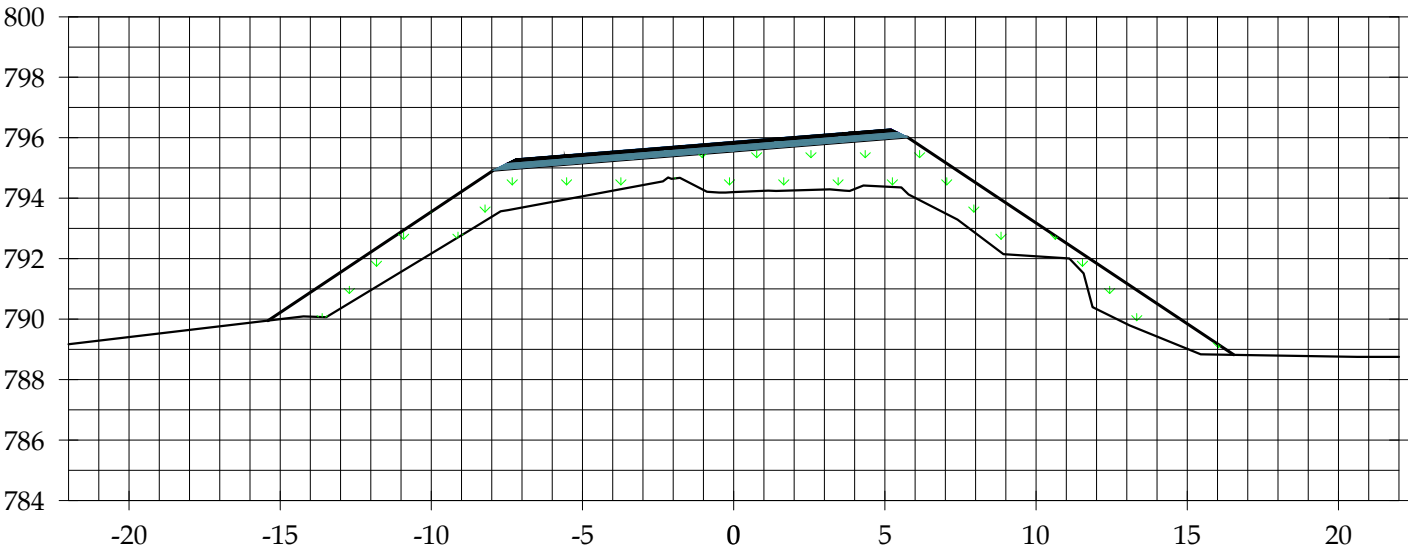
46

0+800.000



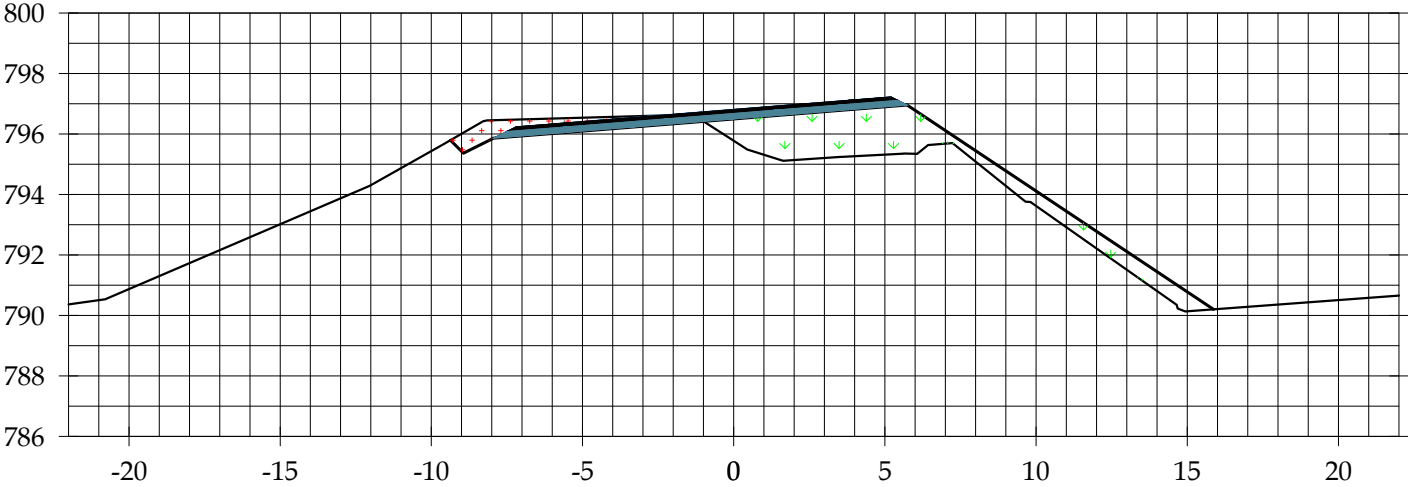
0+800.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	86.40
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1297.90
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	32961.21
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	7998.95
VOLUMEN NETO (m3)	24962.25

0+780.000

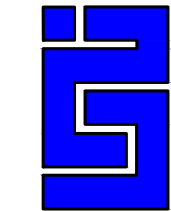


0+780.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	38.82
VOLUMEN DE CORTE (m3)	33.97
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	546.36
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	32961.21
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	6701.06
VOLUMEN NETO (m3)	26260.15

0+760.000



0+760.00	
AREA DE CORTE (m2)	3.66
AREA DE RELLENO (m2)	14.40
VOLUMEN DE CORTE (m3)	222.27
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	200.73
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	32927.23
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	6154.70
VOLUMEN NETO (m3)	26772.54



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+760.00 - 0+800.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

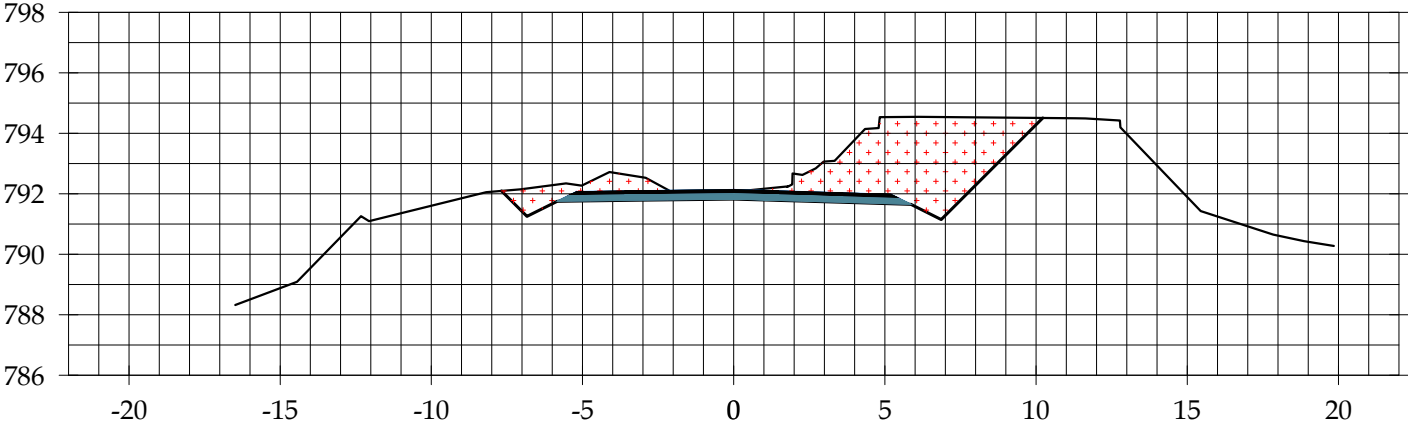
No.:

23

DE:

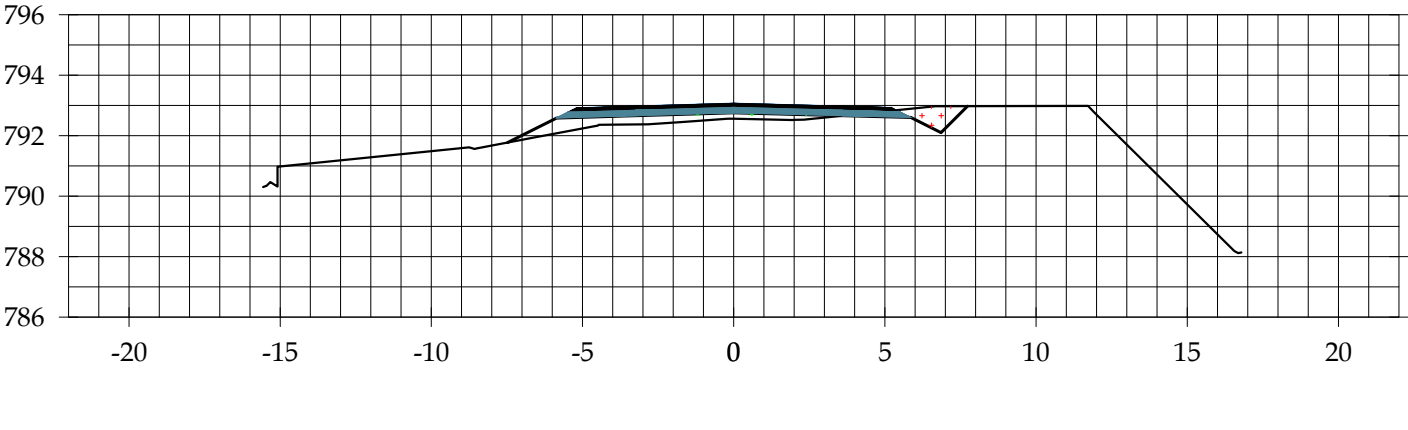
46

0+860.000



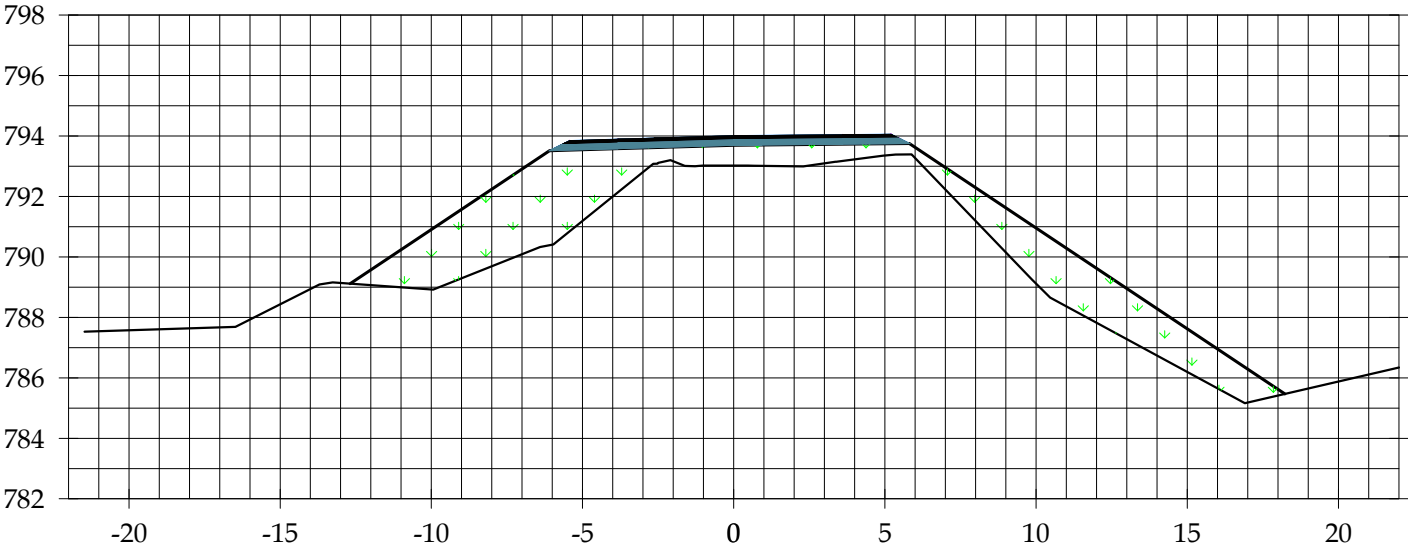
0+860.00	
AREA DE CORTE (m2)	21.29
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	225.84
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	26.53
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	33200.02
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	9722.34
VOLUMEN NETO (m3)	23477.68

0+840.000

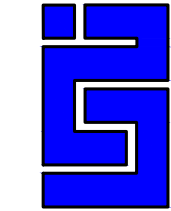


0+840.00	
AREA DE CORTE (m2)	1.30
AREA DE RELLENO (m2)	2.65
VOLUMEN DE CORTE (m3)	12.97
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	429.71
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	32974.18
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	9695.82
VOLUMEN NETO (m3)	23278.36

0+820.000



0+820.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	40.32
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1267.16
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	32961.21
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	9266.11
VOLUMEN NETO (m3)	23695.10



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+820.00 - 0+860.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

24

DE:

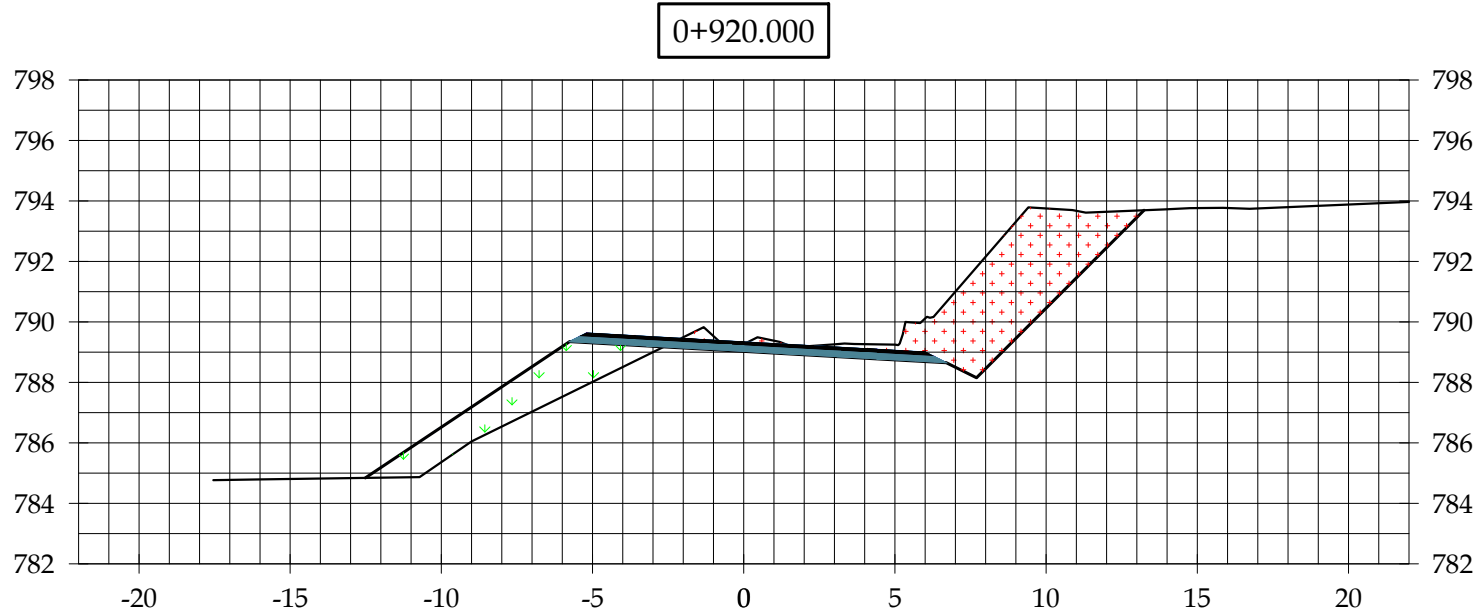
46

ESCALA:

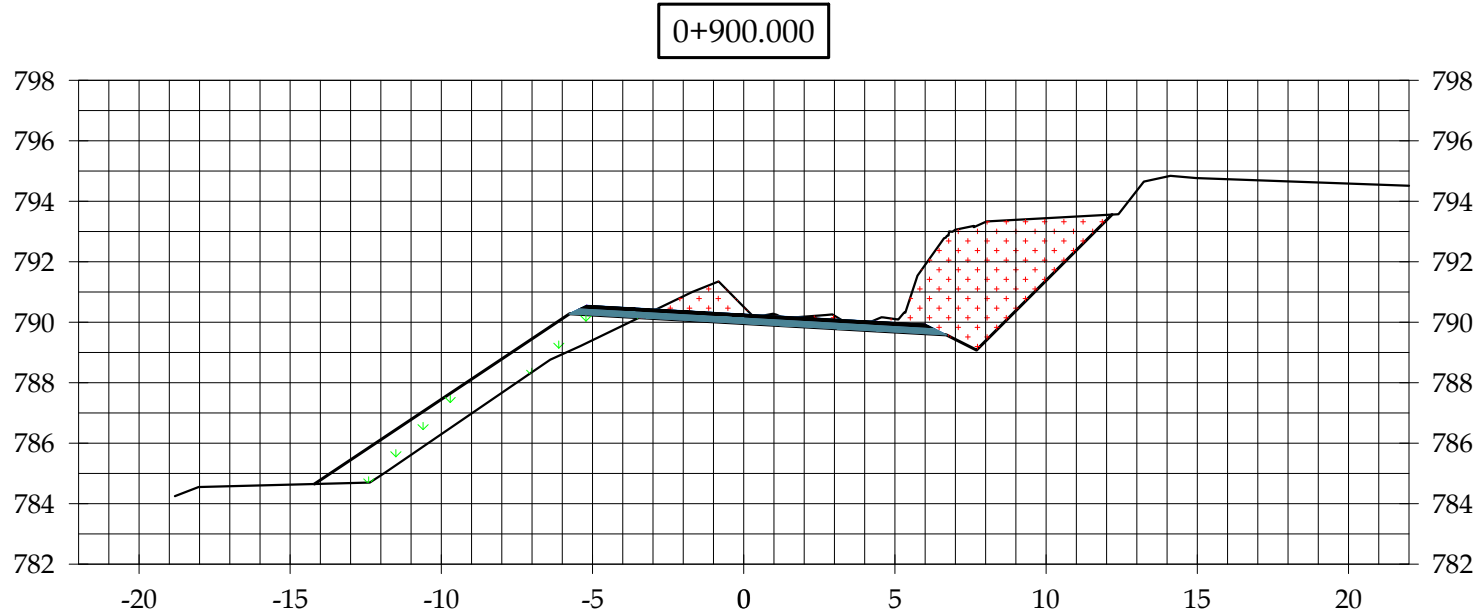
1:250

FECHA:

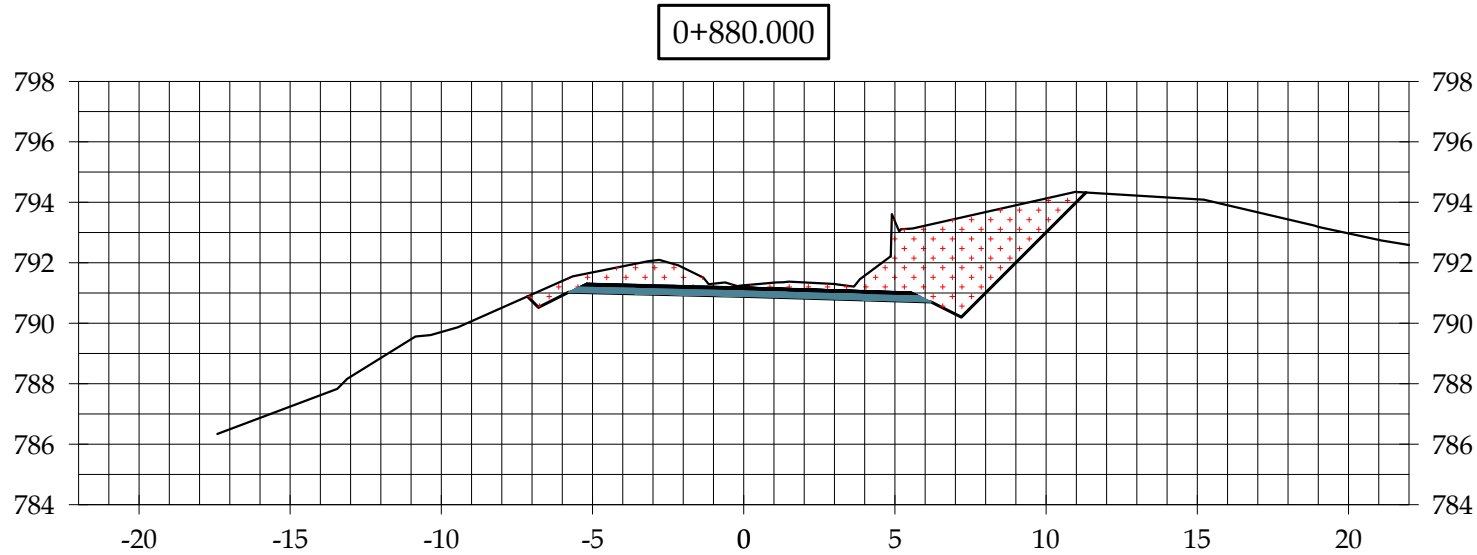
MARZO 2020



0+920.00	
AREA DE CORTE (m2)	21.67
AREA DE RELLENO (m2)	10.30
VOLUMEN DE CORTE (m3)	407.92
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	211.74
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	34442.50
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	10037.20
VOLUMEN NETO (m3)	24405.29



0+900.00	
AREA DE CORTE (m2)	20.65
AREA DE RELLENO (m2)	10.03
VOLUMEN DE CORTE (m3)	410.63
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	103.12
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	34034.57
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	9825.46
VOLUMEN NETO (m3)	24209.11



0+880.00	
AREA DE CORTE (m2)	21.10
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	423.92
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	33623.94
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	9722.34
VOLUMEN NETO (m3)	23901.60

PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
0+880.00 - 0+920.00

LAMINA

No.: 25

DE: 46

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

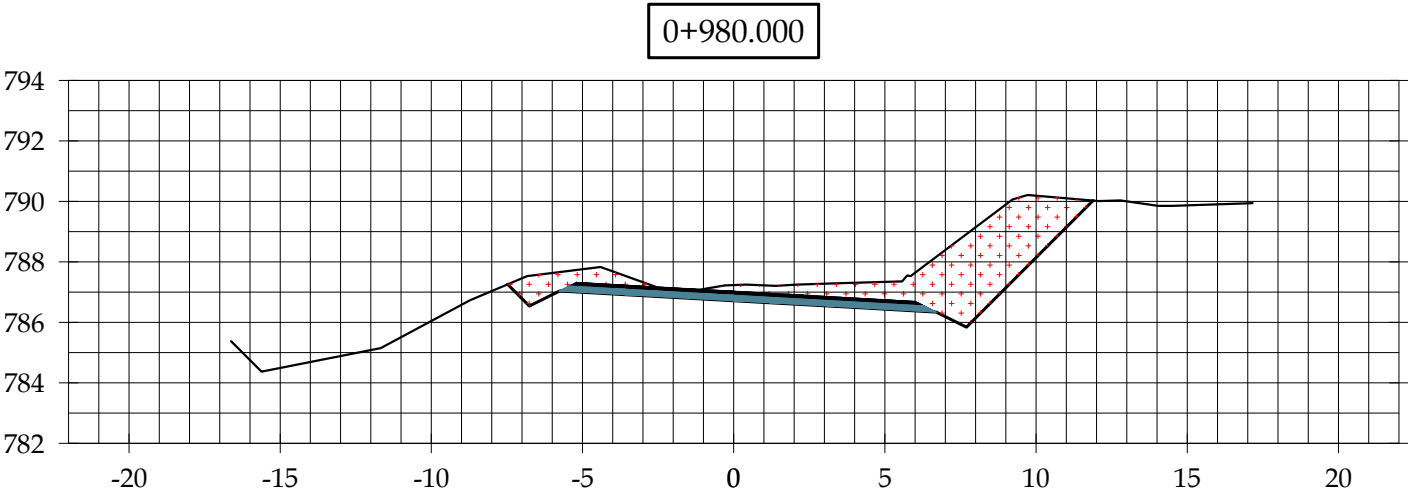
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

ESCALA:

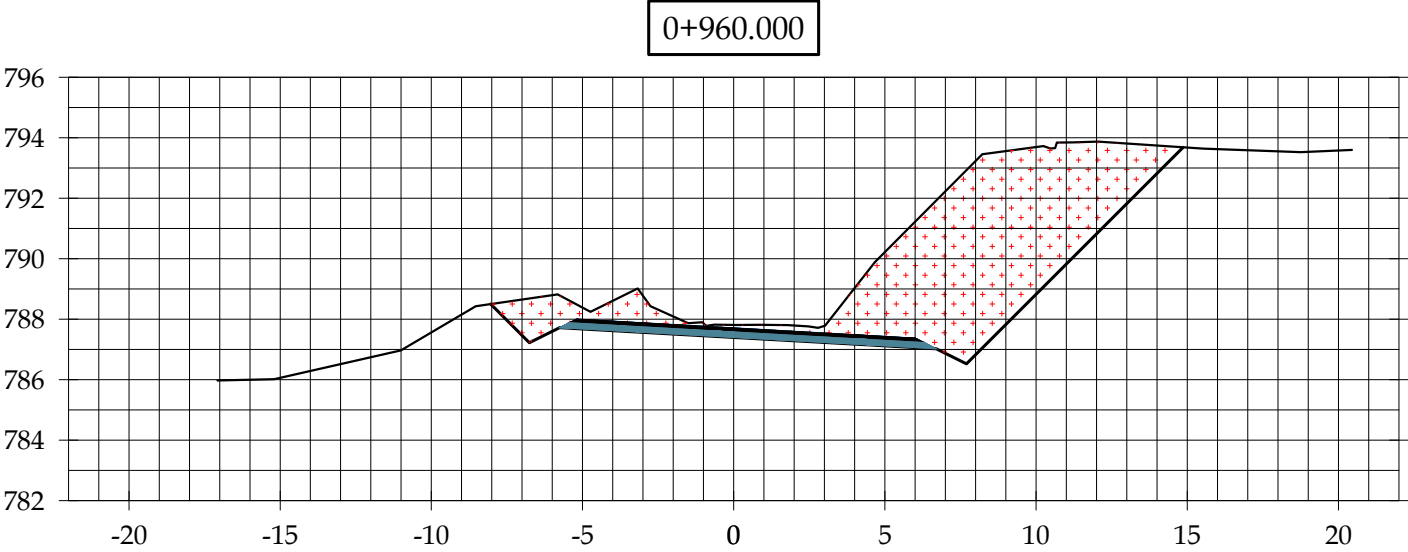
1:250

FECHA:

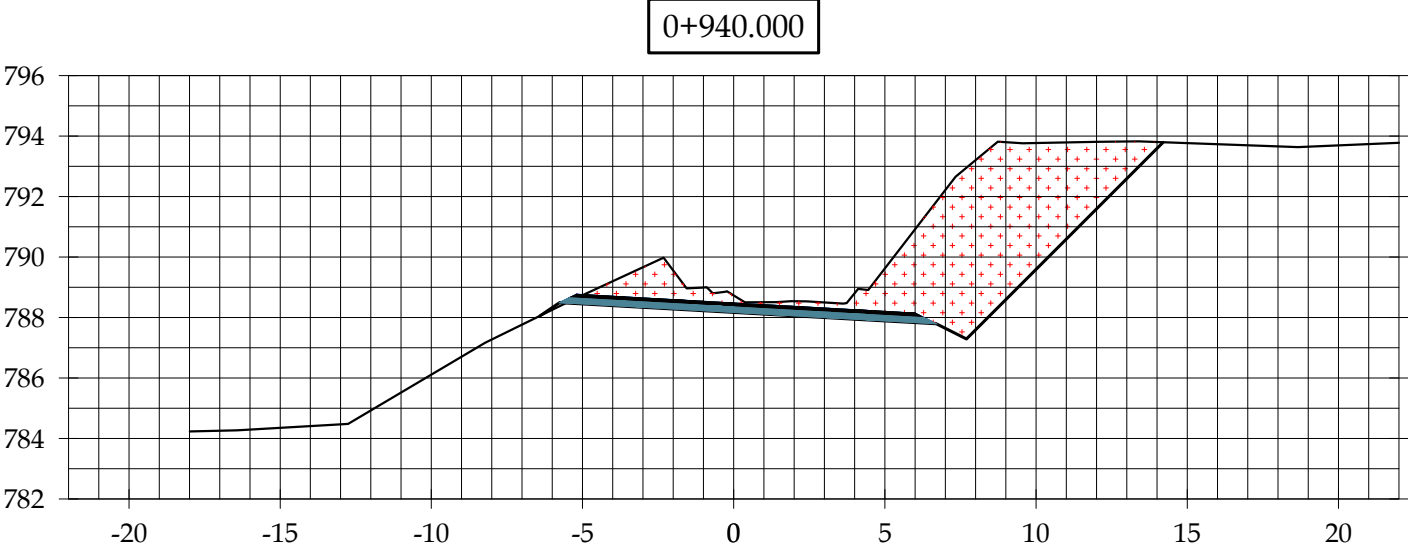
MARZO 2020



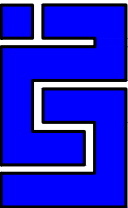
0+980.00	
AREA DE CORTE (m2)	20.28
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	679.49
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	36551.09
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	10145.15
VOLUMEN NETO (m3)	26405.94



0+960.00	
AREA DE CORTE (m2)	49.81
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	851.27
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.51
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	35871.61
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	10145.15
VOLUMEN NETO (m3)	25726.46



0+940.00	
AREA DE CORTE (m2)	38.31
AREA DE RELLENO (m2)	0.05
VOLUMEN DE CORTE (m3)	577.84
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	107.44
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	35020.33
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	10144.64
VOLUMEN NETO (m3)	24875.69



PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

LAMINA

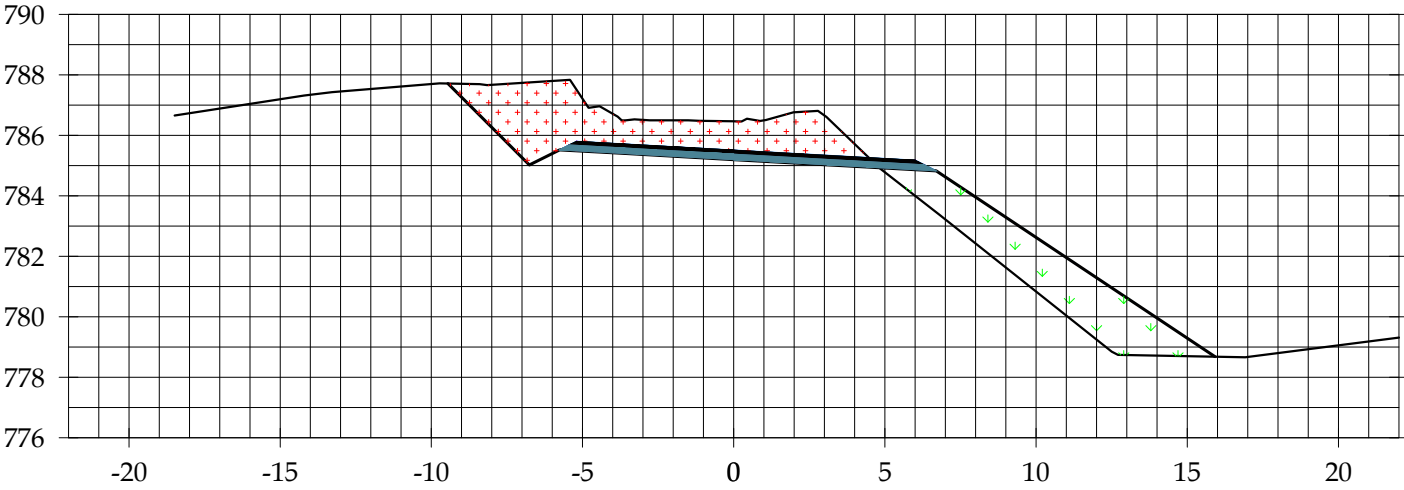
DE:
No.:
26
46

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+940.00 - 0+980.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ
REVISO:
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

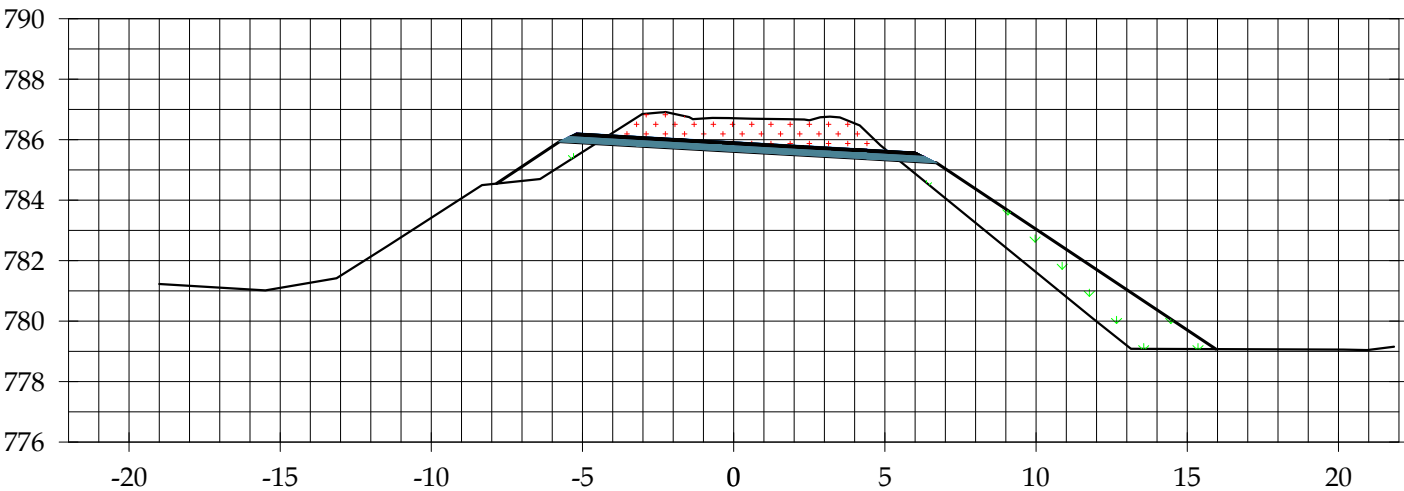
ESCALA:
1:250
FECHA:
MARZO 2020

1+040.000



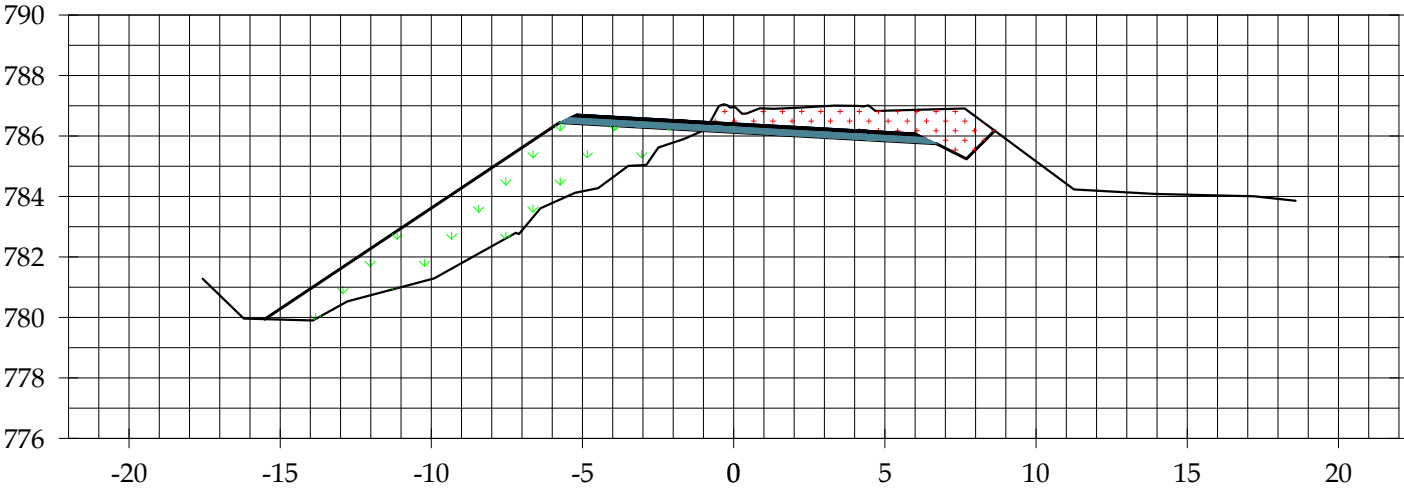
1+040.00	
AREA DE CORTE (m2)	20.03
AREA DE RELLENO (m2)	15.13
VOLUMEN DE CORTE (m3)	300.02
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	275.57
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	37328.24
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	11056.40
VOLUMEN NETO (m3)	26271.84

1+020.000

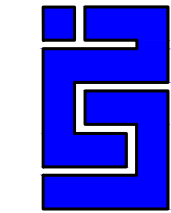


1+020.00	
AREA DE CORTE (m2)	9.72
AREA DE RELLENO (m2)	13.84
VOLUMEN DE CORTE (m3)	188.04
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	383.95
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	37028.22
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	10780.83
VOLUMEN NETO (m3)	26247.39

1+000.000



1+000.00	
AREA DE CORTE (m2)	9.31
AREA DE RELLENO (m2)	24.19
VOLUMEN DE CORTE (m3)	289.09
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	251.73
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	36840.18
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	10396.88
VOLUMEN NETO (m3)	26443.30



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+000.00 - 1+040.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

27

DE:

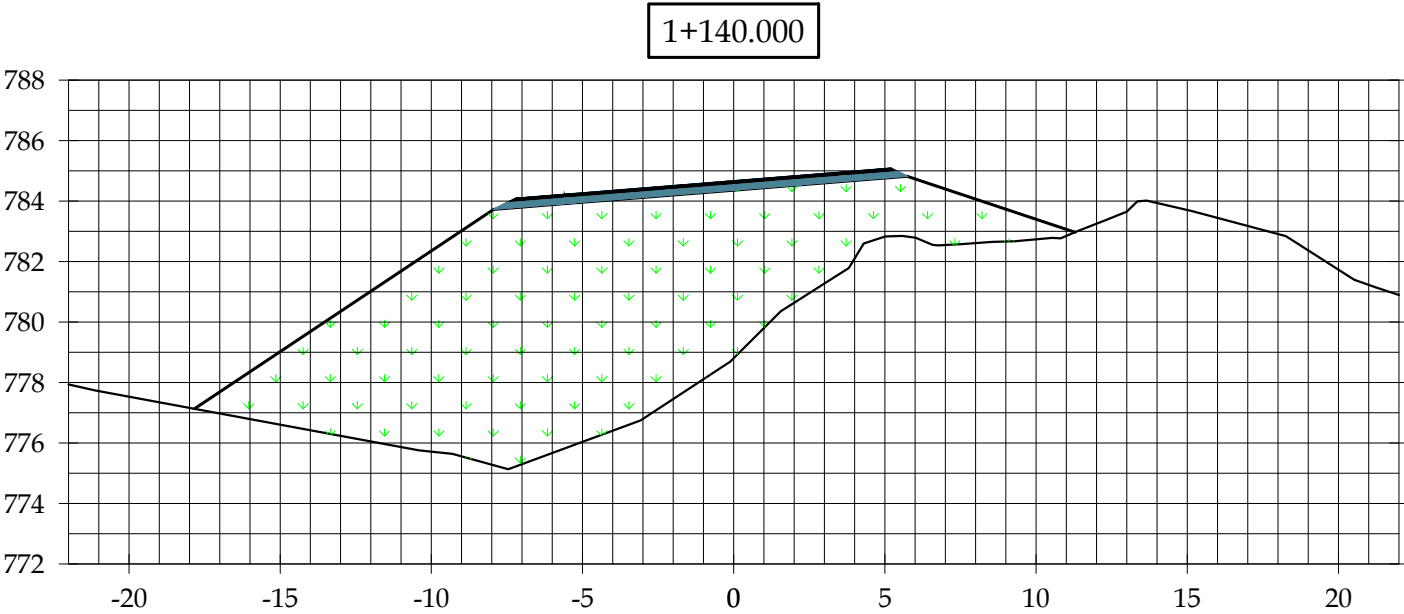
46

ESCALA:

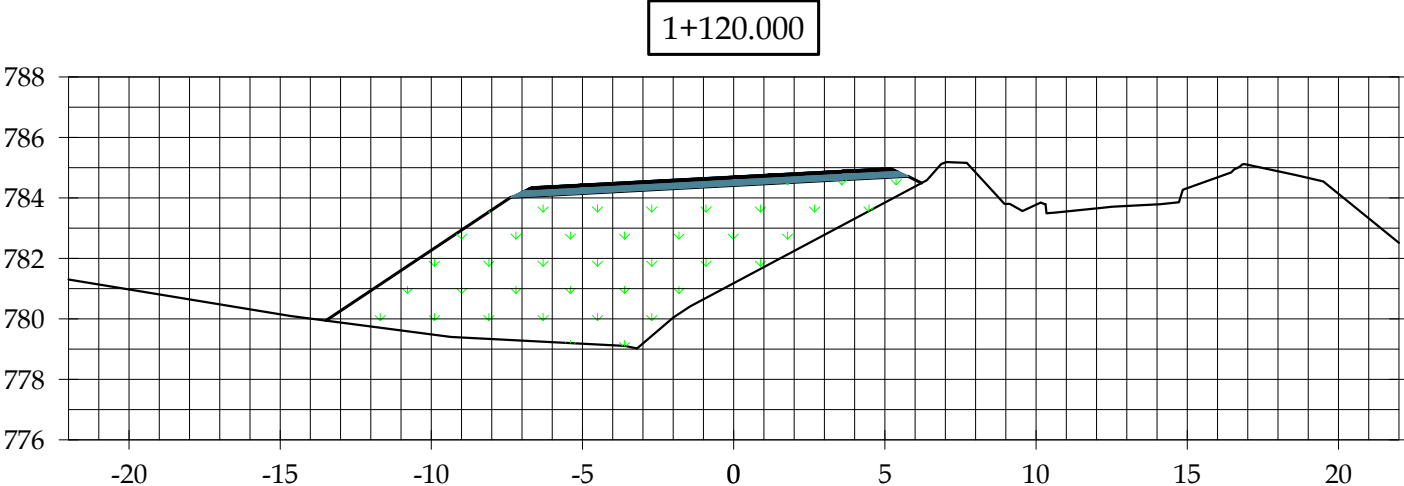
1:250

FECHA:

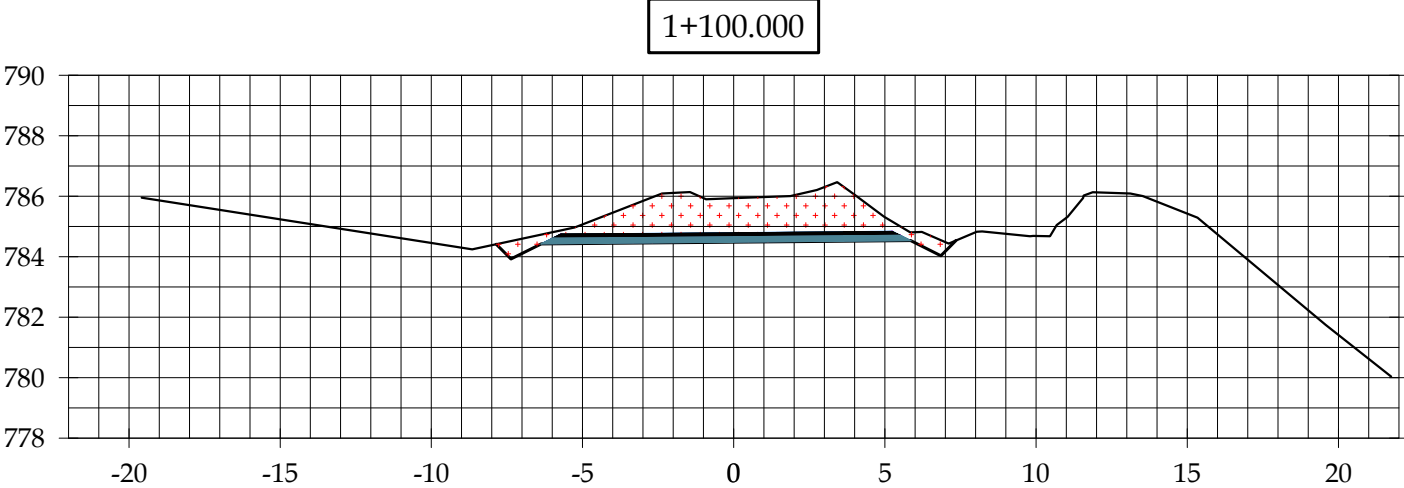
MARZO 2020



1+140.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	127.01
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1754.34
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	13883.40
VOLUMEN NETO (m3)	25624.51



1+120.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	59.26
VOLUMEN DE CORTE (m3)	164.33
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	588.94
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	12129.07
VOLUMEN NETO (m3)	27378.85



1+100.00	
AREA DE CORTE (m2)	16.43
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	649.36
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39343.58
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	11540.13
VOLUMEN NETO (m3)	27803.45

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

LAMINA

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
1+100.00 - 1+140.00

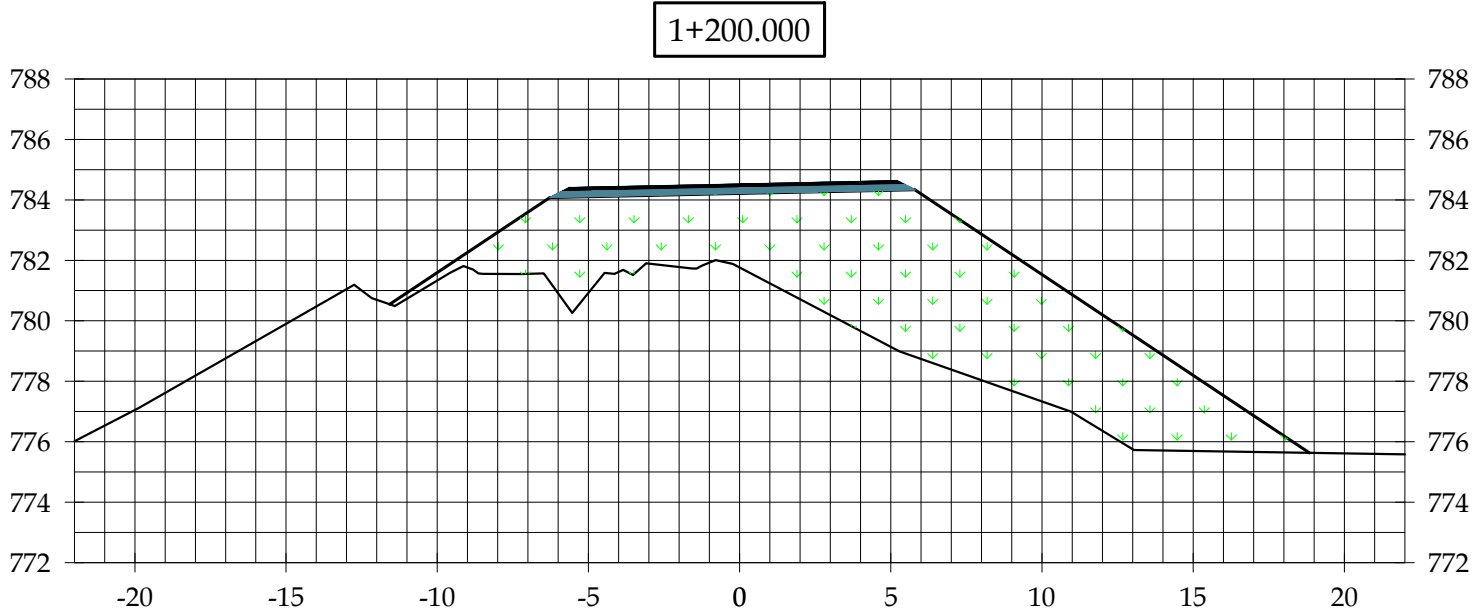
DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

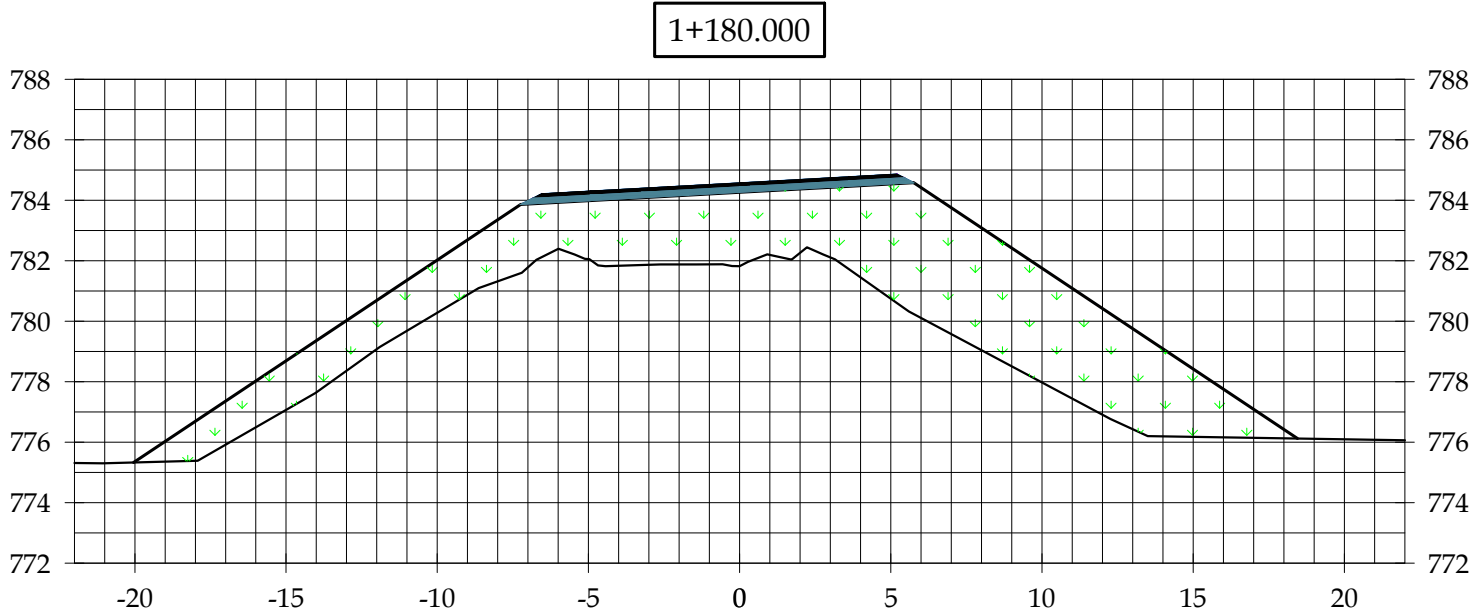
ESCALA:
1:250

FECHA:
MARZO 2020

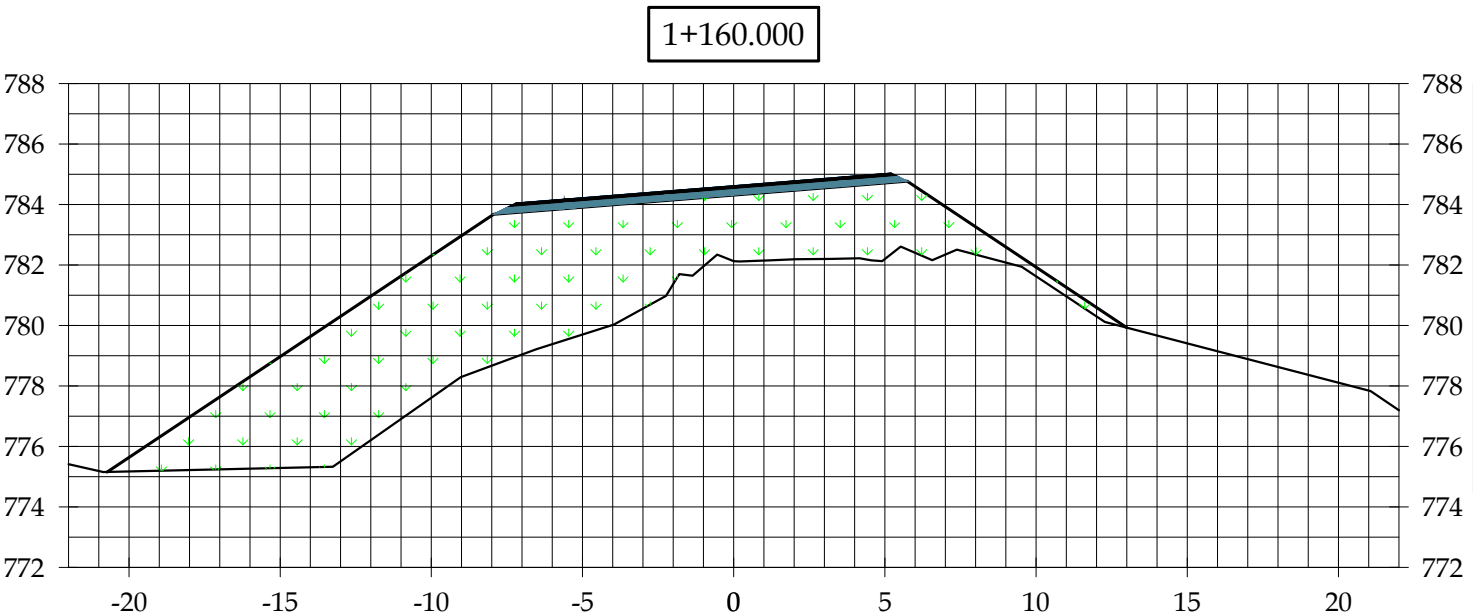
DE:
No.: 29
46



1+200.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	88.18
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1762.96
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	19414.85
VOLUMEN NETO (m3)	20093.07



1+180.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	88.12
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1738.01
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	17651.89
VOLUMEN NETO (m3)	21856.03



1+160.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	91.30
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	2030.47
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	15913.88
VOLUMEN NETO (m3)	23594.04

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

LAMINA

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
1+160.00 - 1+200.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

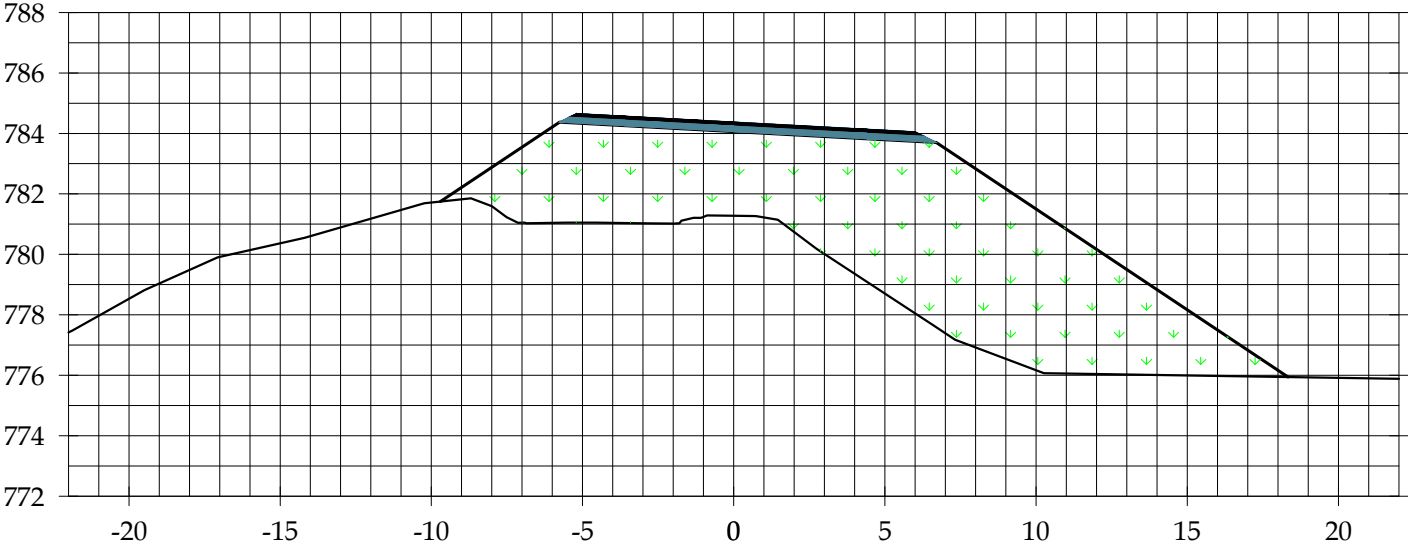
ESCALA:
1:250

FECHA:
MARZO 2020

No.:
30

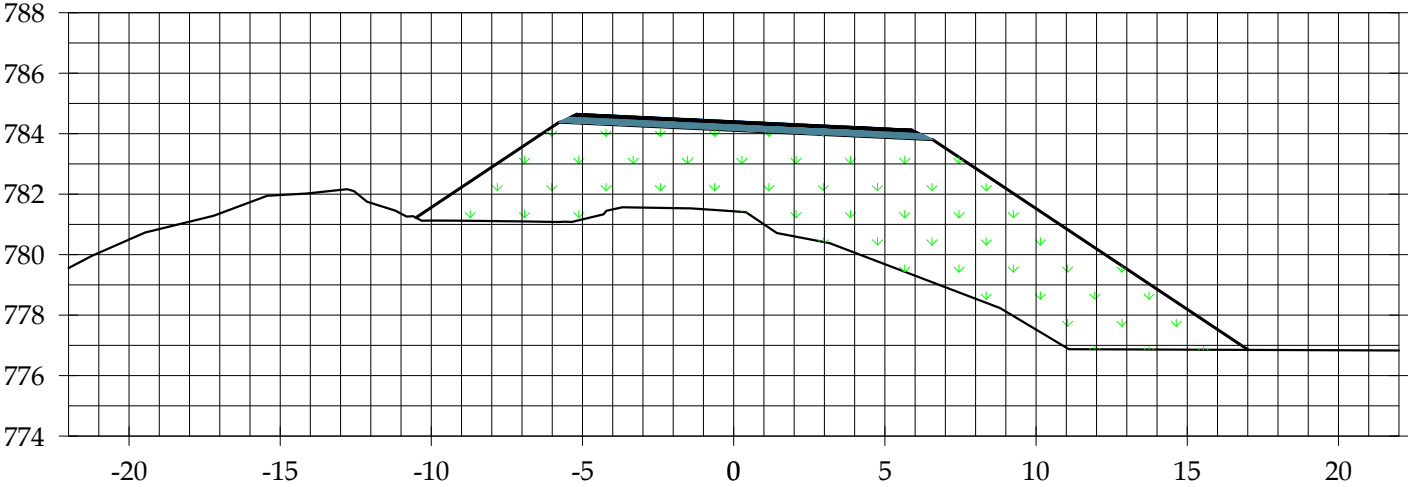
DE:
46

1+260.000



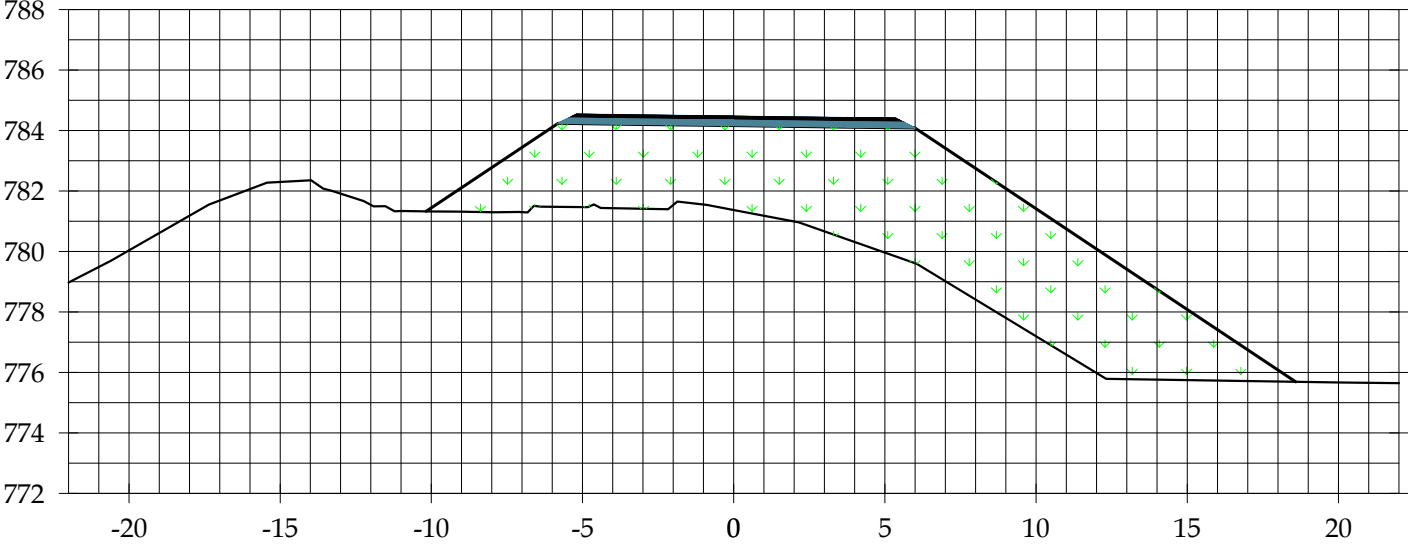
1+260.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	93.91
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1696.35
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	24434.11
VOLUMEN NETO (m3)	15073.80

1+240.000

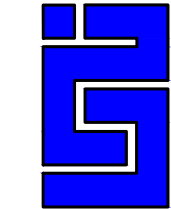


1+240.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	79.14
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1611.60
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	22737.76
VOLUMEN NETO (m3)	16770.15

1+220.000



1+220.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	82.95
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1711.32
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	21126.16
VOLUMEN NETO (m3)	18381.75



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+220.00 - 1+260.00

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

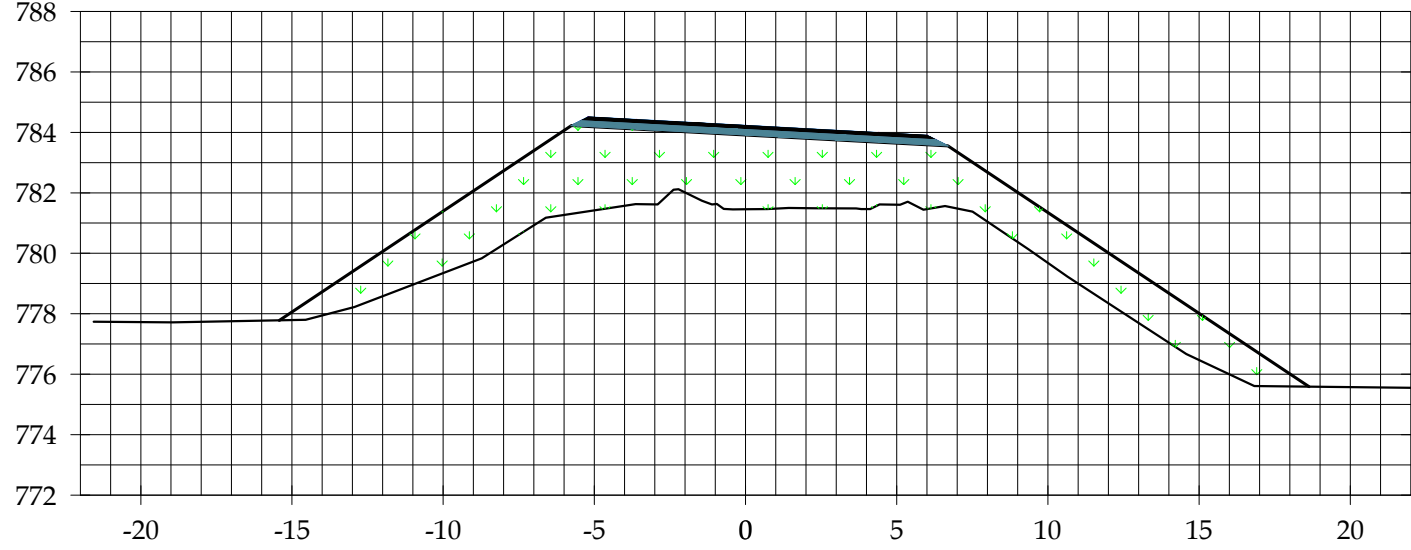
No.:

31

DE:

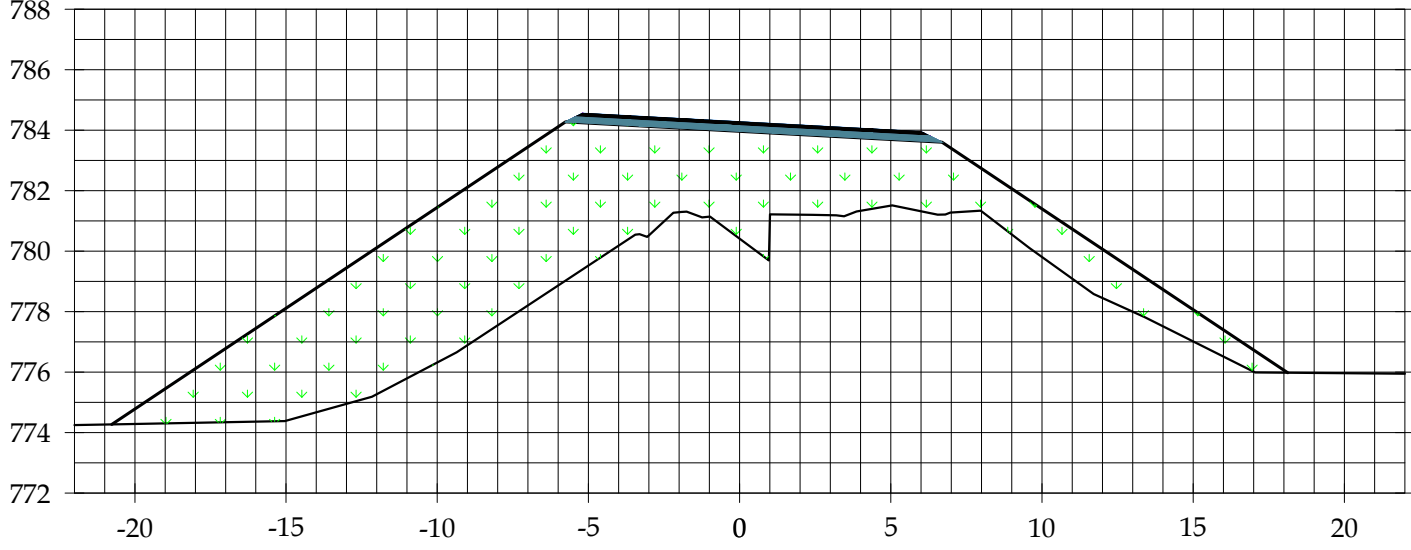
46

1+320.000



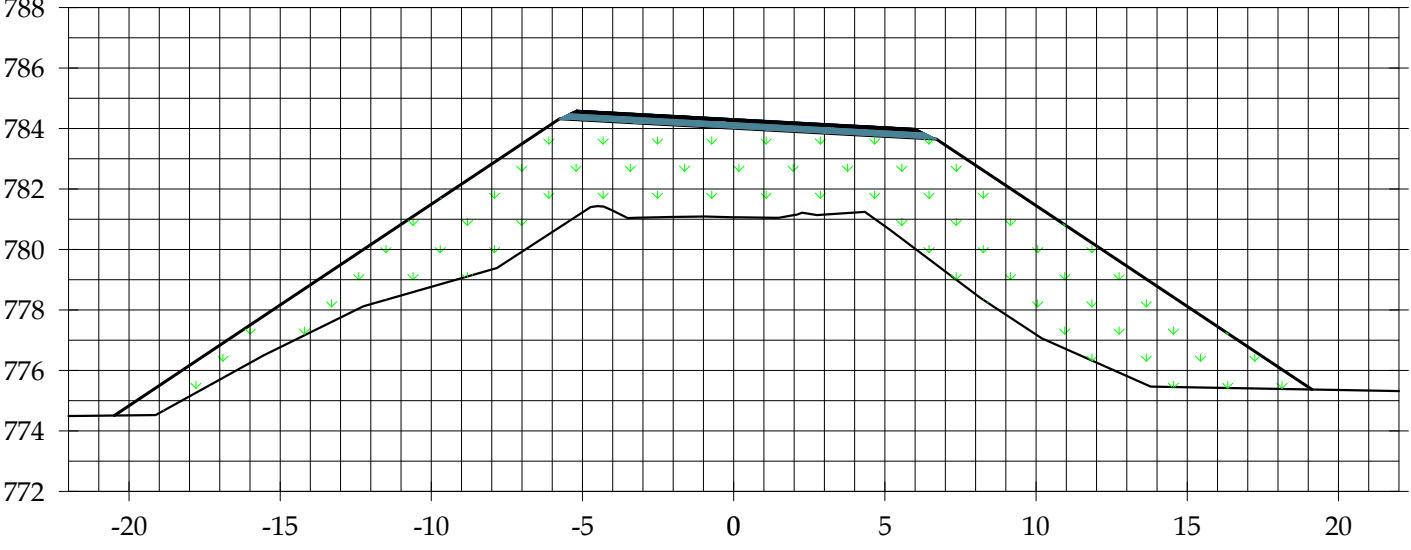
1+320.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	63.17
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1747.85
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	30297.71
VOLUMEN NETO (m3)	9210.20

1+300.000

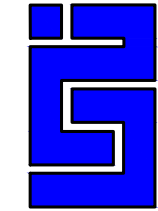


1+300.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	109.67
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	2157.99
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	28549.86
VOLUMEN NETO (m3)	10958.06

1+280.000



1+280.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	104.54
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1957.75
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	26391.87
VOLUMEN NETO (m3)	13116.05



PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES
1+280.00 - 1+320.00

DISEÑO Y DIBUJO: BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO: ING. JUAN CARLOS MENDOZA

ESCALA: 1:250

FECHA: MARZO 2020

LAMINA

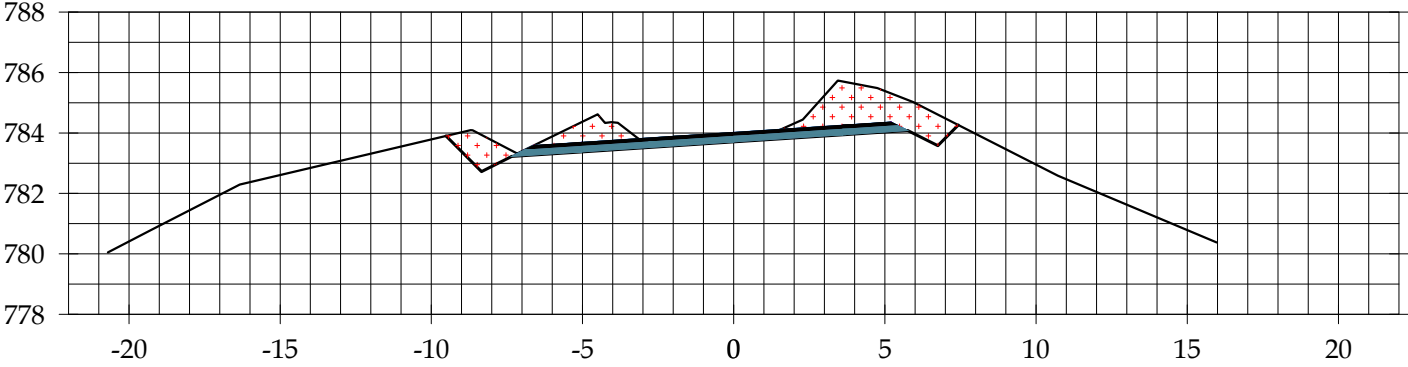
No.:

32

DE:

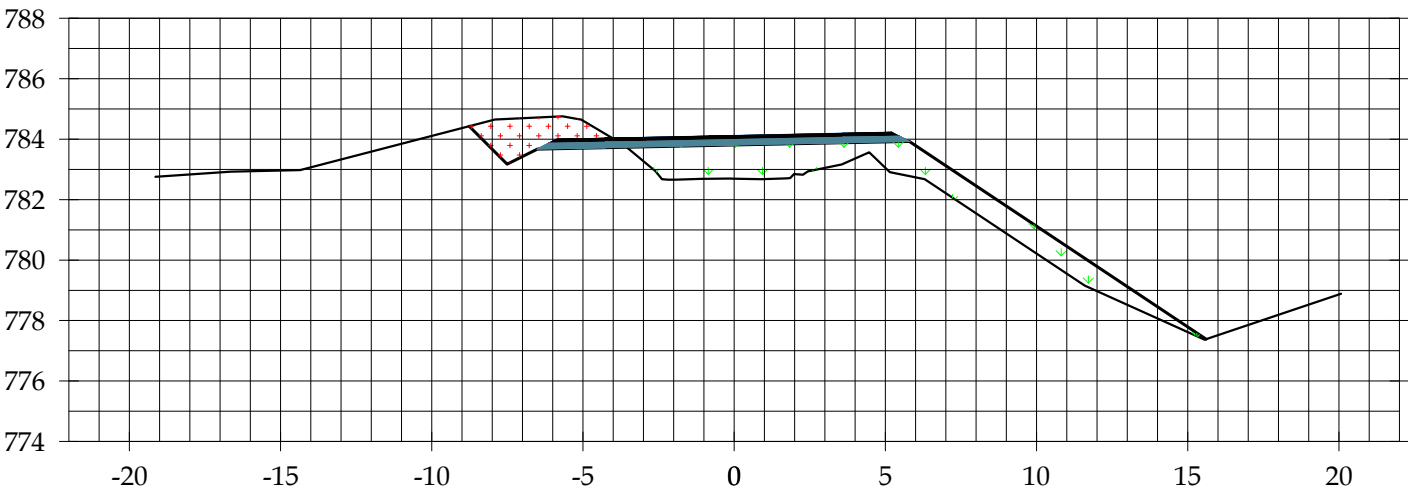
46

1+380.000



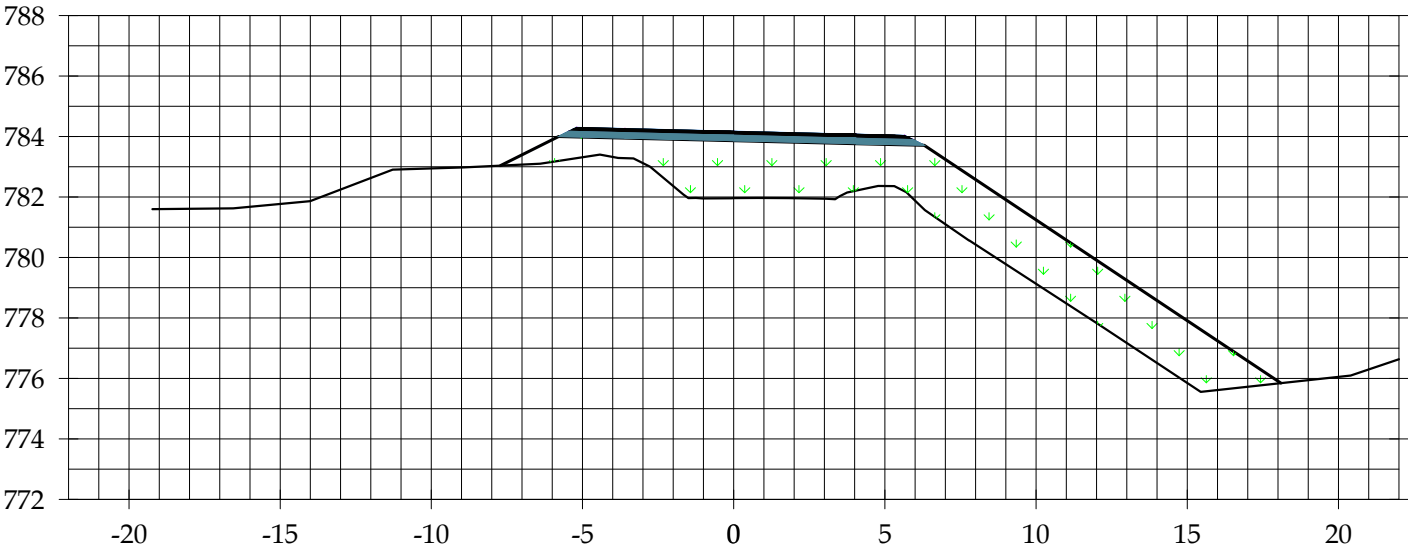
1+380.00	
AREA DE CORTE (m2)	11.19
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	155.34
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	160.88
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39707.98
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32044.16
VOLUMEN NETO (m3)	7663.82

1+360.000

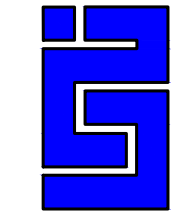


1+360.00	
AREA DE CORTE (m2)	4.47
AREA DE RELLENO (m2)	15.71
VOLUMEN DE CORTE (m3)	44.72
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	561.61
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39552.63
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	31883.27
VOLUMEN NETO (m3)	7669.36

1+340.000



1+340.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	40.45
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1023.96
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	39507.91
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	31321.67
VOLUMEN NETO (m3)	8186.25



PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
1+340.00 - 1+380.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

ESCALA:

1:250

FECHA:

MARZO 2020

LAMINA

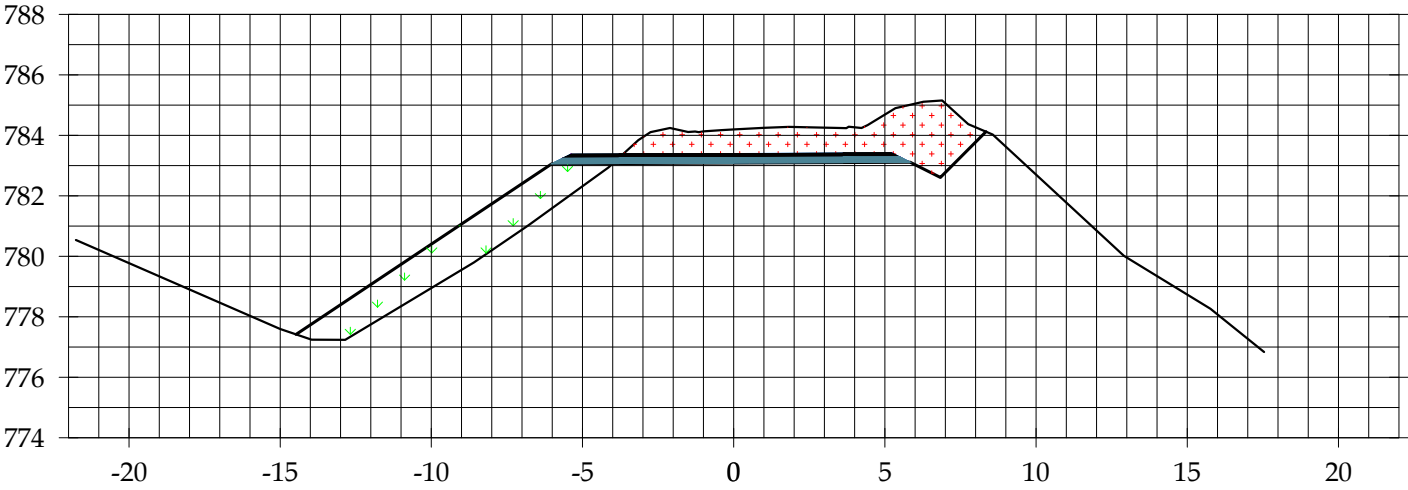
No.:

33

DE:

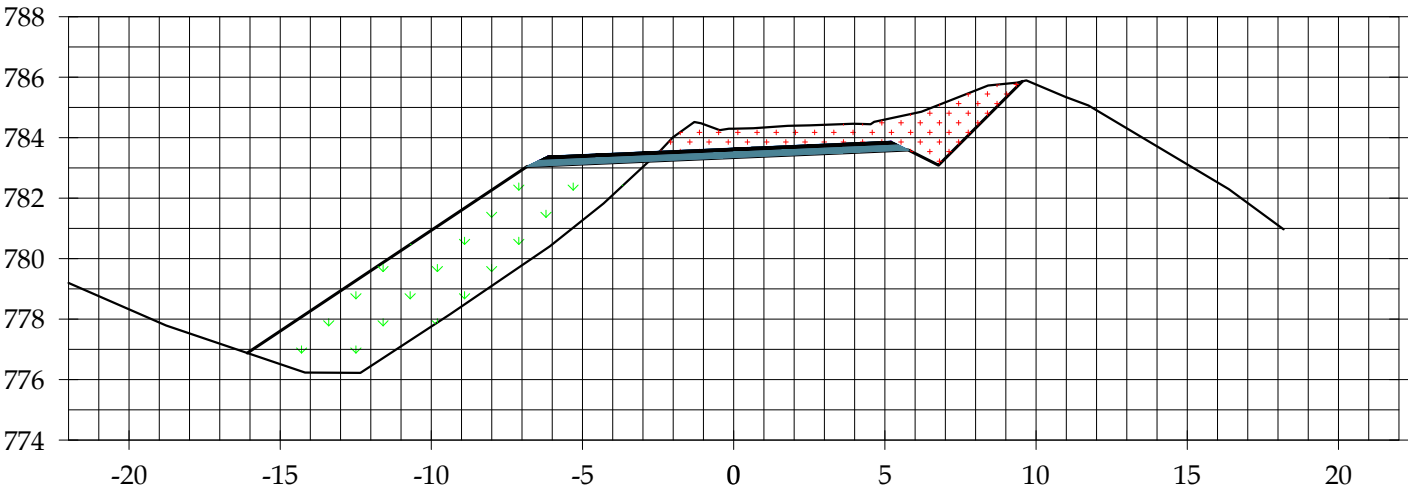
46

1+440.000



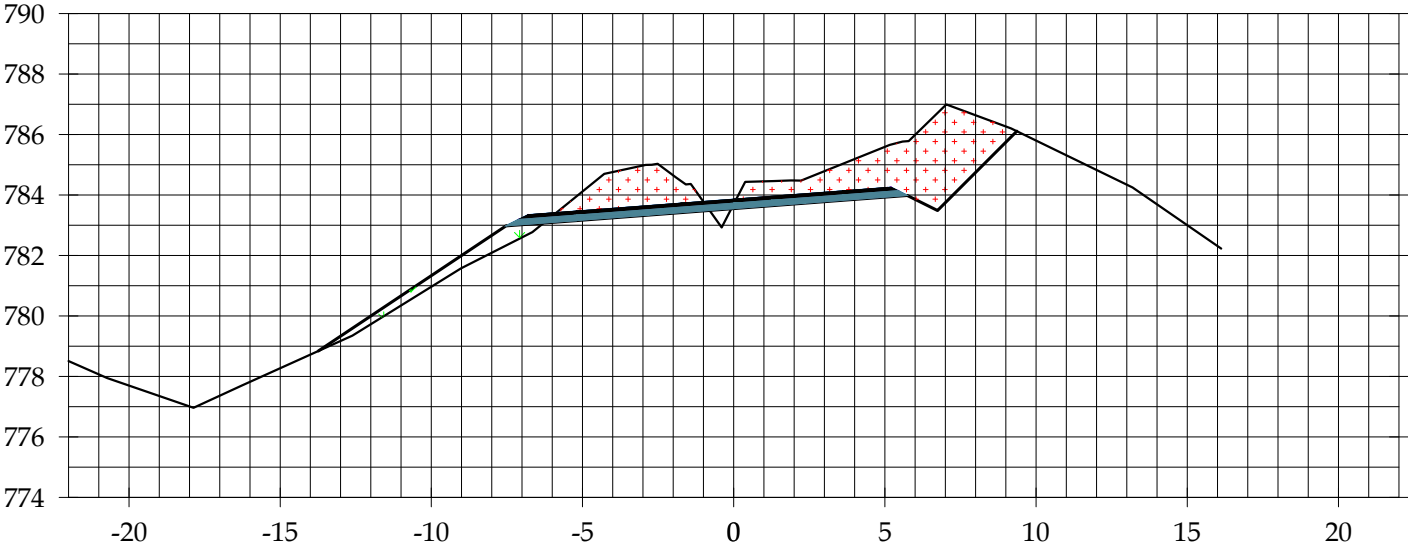
1+440.00	
AREA DE CORTE (m2)	15.17
AREA DE RELLENO (m2)	12.52
VOLUMEN DE CORTE (m3)	277.11
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	432.39
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	40625.86
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32809.67
VOLUMEN NETO (m3)	7816.19

1+420.000

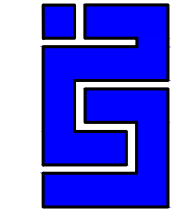


1+420.00	
AREA DE CORTE (m2)	12.54
AREA DE RELLENO (m2)	30.72
VOLUMEN DE CORTE (m3)	328.63
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	307.90
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	40348.74
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32377.28
VOLUMEN NETO (m3)	7971.46

1+400.000



1+400.00	
AREA DE CORTE (m2)	19.47
AREA DE RELLENO (m2)	2.76
VOLUMEN DE CORTE (m3)	312.14
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	25.22
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	40020.12
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32069.38
VOLUMEN NETO (m3)	7950.74



PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES
1+400.00 - 1+440.00

DISEÑO Y DIBUJO: BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO: ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

34

DE:

46

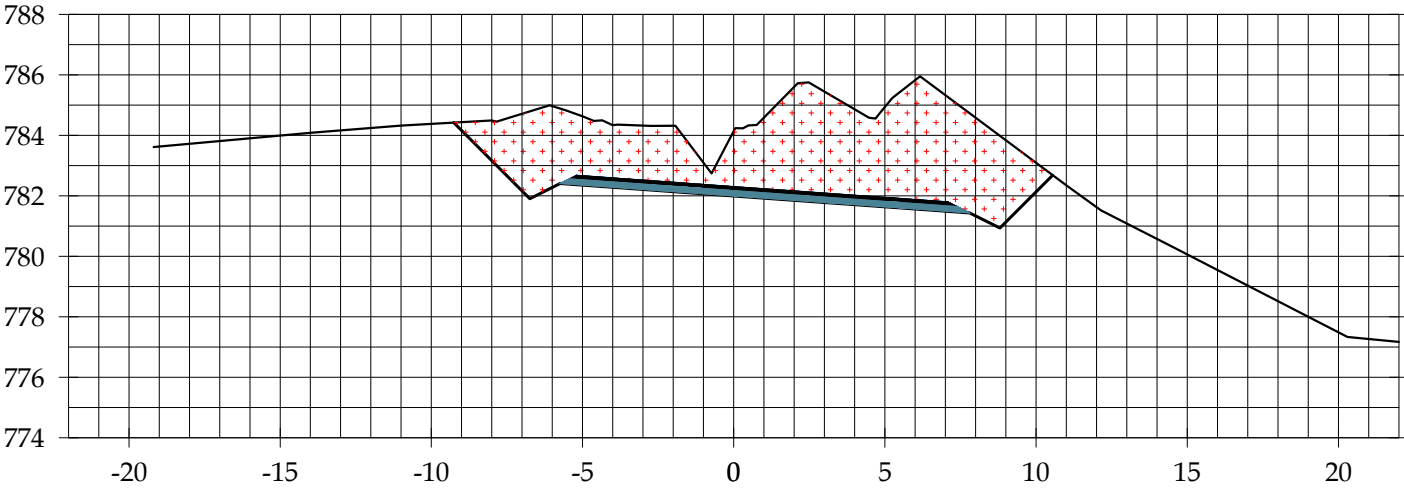
ESCALA:

1:250

FECHA:

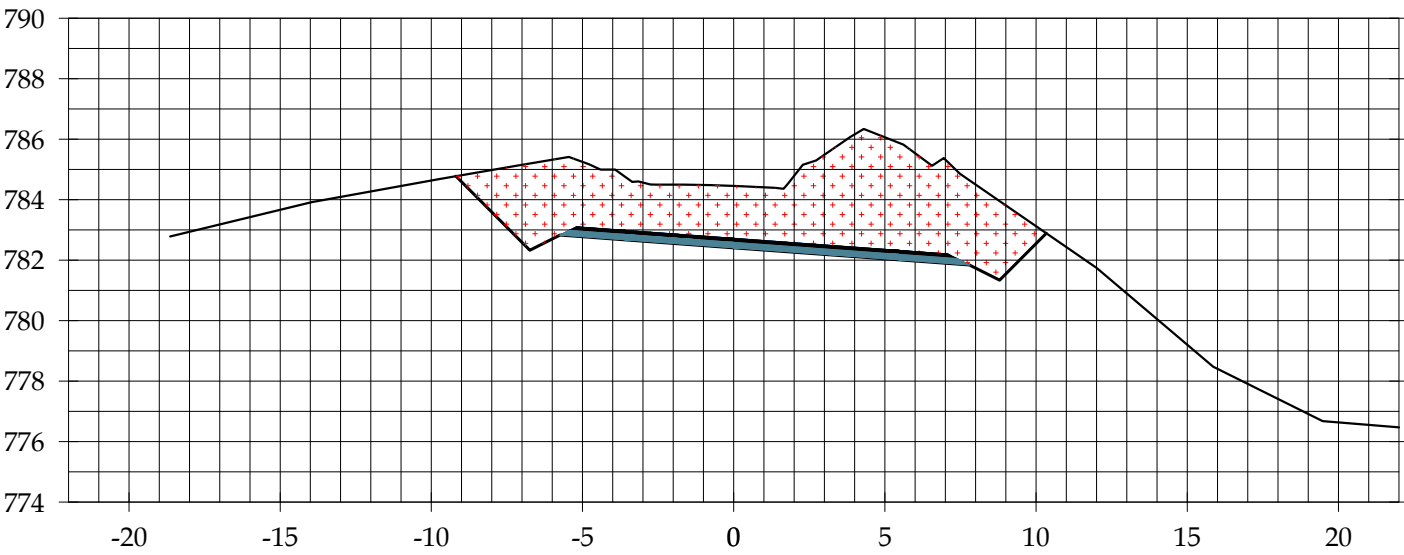
MARZO 2020

1+500.000



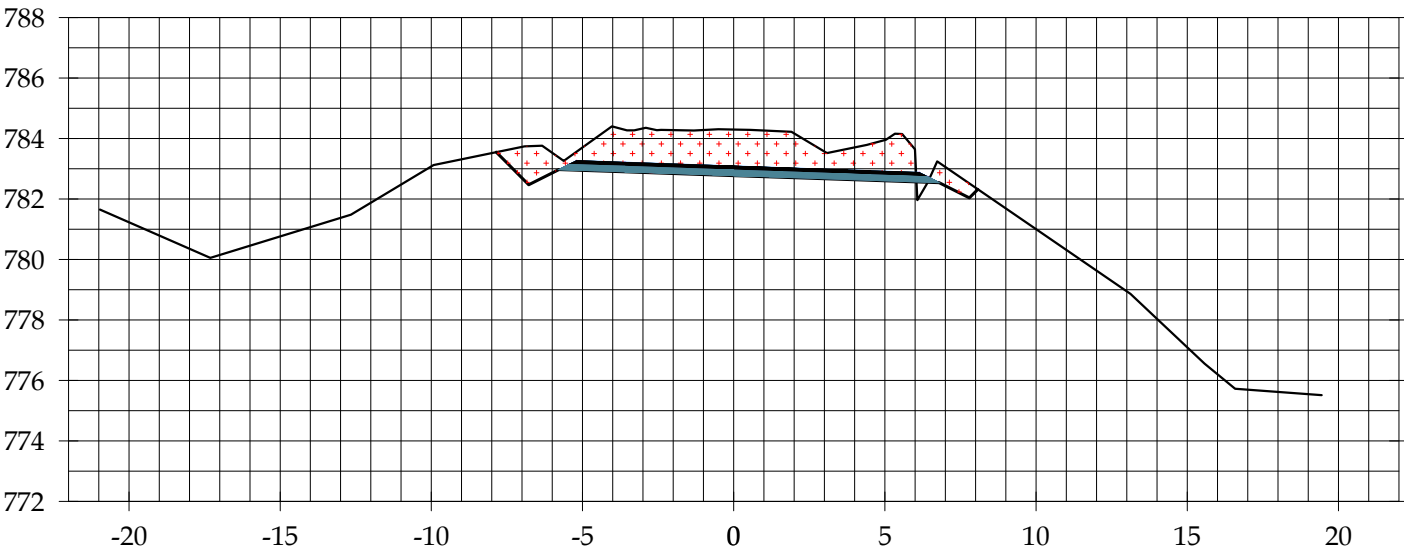
1+500.00	
AREA DE CORTE (m2)	49.83
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	957.61
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	42559.74
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32937.04
VOLUMEN NETO (m3)	9622.70

1+480.000



1+480.00	
AREA DE CORTE (m2)	47.79
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	648.98
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1.07
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	41602.13
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32937.04
VOLUMEN NETO (m3)	8665.09

1+460.000



1+460.00	
AREA DE CORTE (m2)	17.56
AREA DE RELLENO (m2)	0.11
VOLUMEN DE CORTE (m3)	327.30
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	126.30
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	40953.15
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32935.97
VOLUMEN NETO (m3)	8017.18



PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

LAMINA

DE:
No.:
46

35

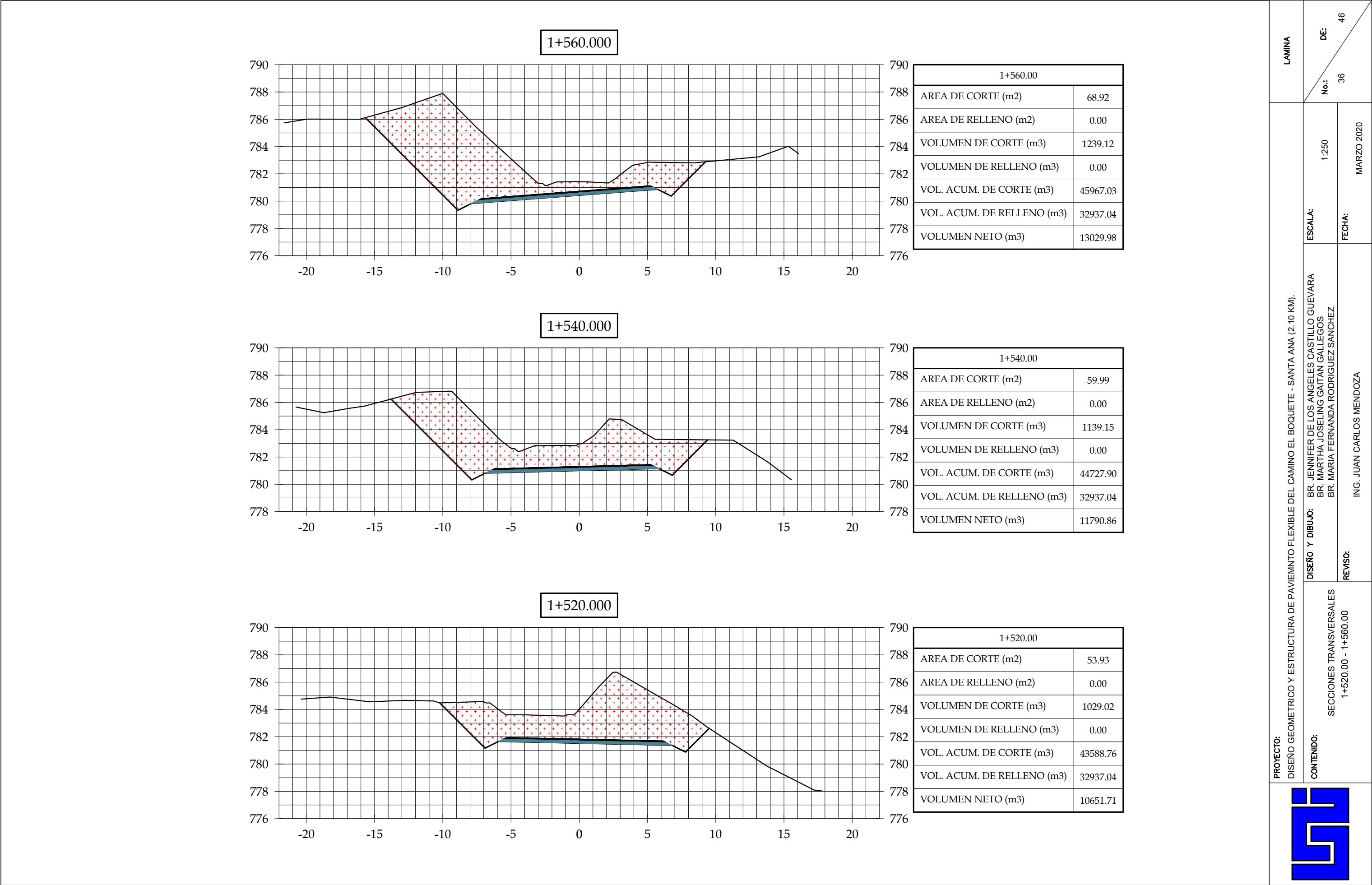
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
1+460.00 - 1+500.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

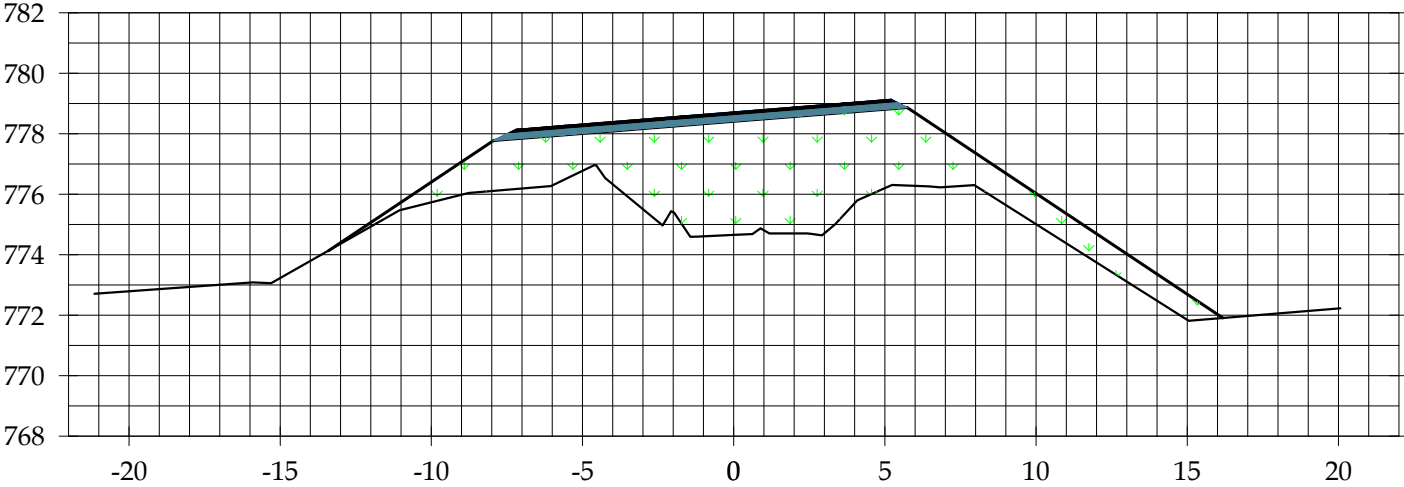
REVISO:
ING. JUAN CARLOS MENDOZA

ESCALA:
1:250

FECHA:
MARZO 2020

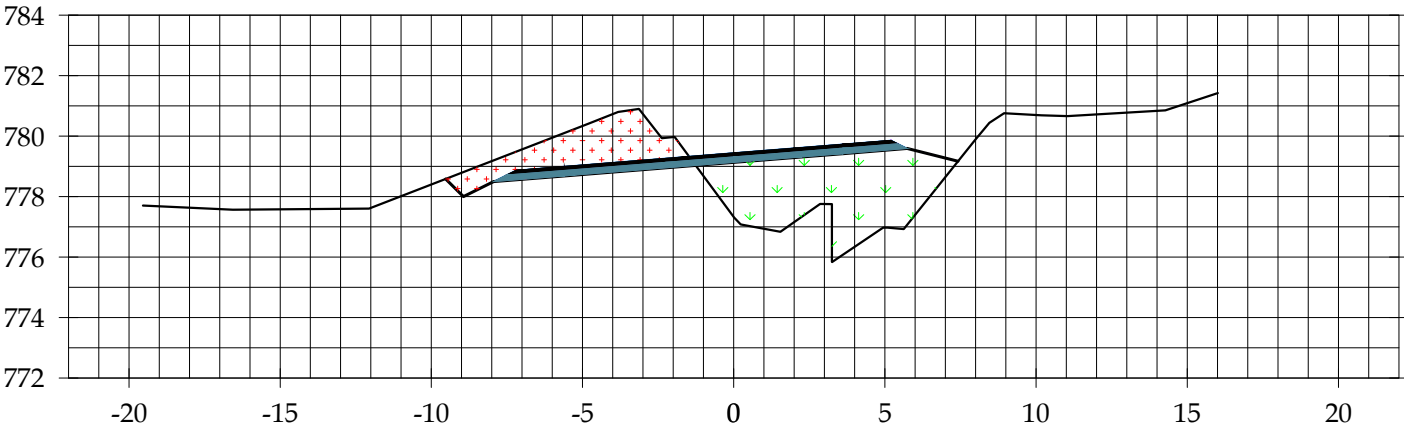


1+620.000



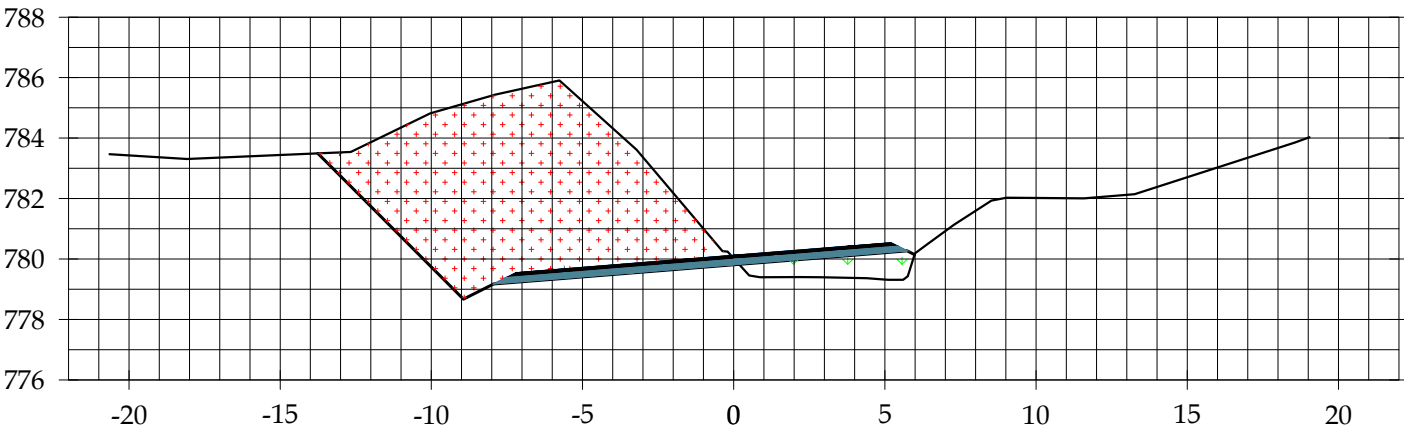
1+620.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	52.55
VOLUMEN DE CORTE (m3)	91.55
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	713.85
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47800.56
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	33907.50
VOLUMEN NETO (m3)	13893.06

1+600.000

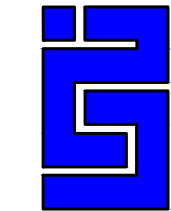


1+600.00	
AREA DE CORTE (m2)	9.76
AREA DE RELLENO (m2)	17.17
VOLUMEN DE CORTE (m3)	598.80
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	217.62
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47709.00
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	33193.65
VOLUMEN NETO (m3)	14515.35

1+580.000



1+580.00	
AREA DE CORTE (m2)	55.51
AREA DE RELLENO (m2)	3.74
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1143.18
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	38.99
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47110.20
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	32976.03
VOLUMEN NETO (m3)	14134.17



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+580.00 - 1+620.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

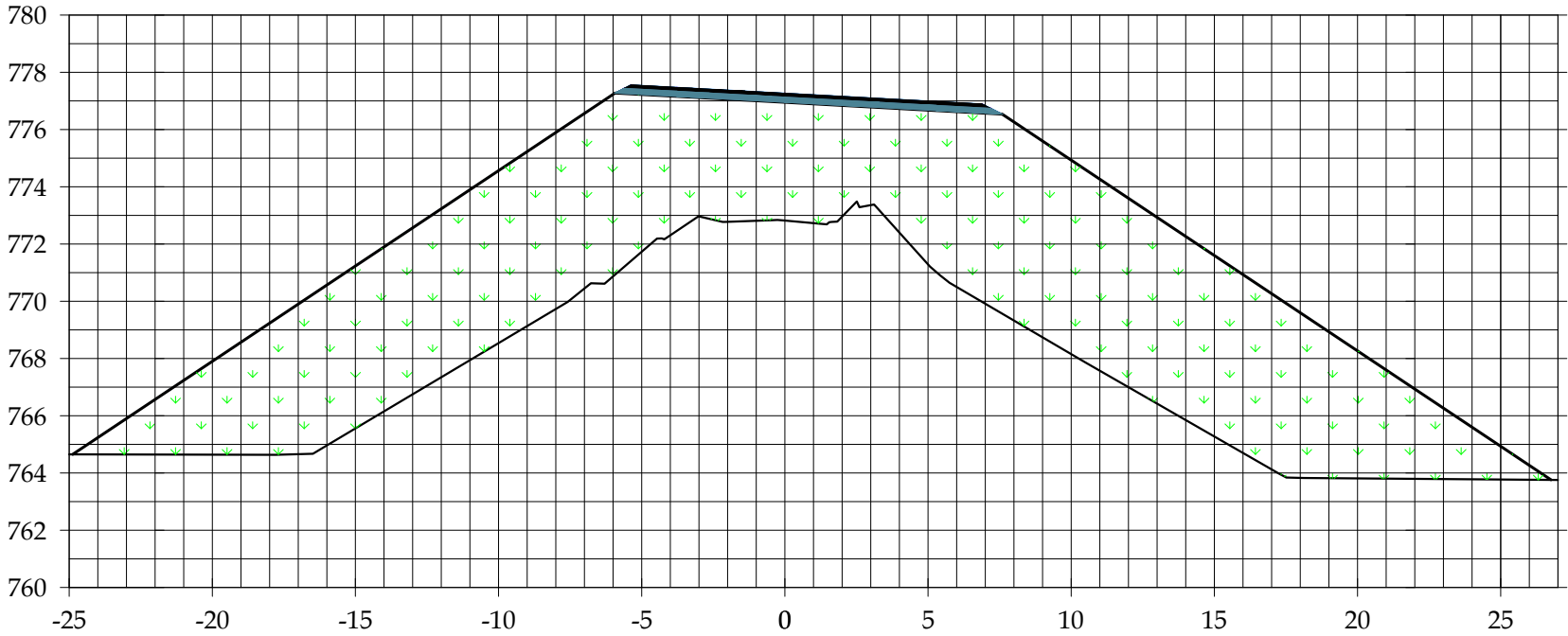
No.:

37

DE:

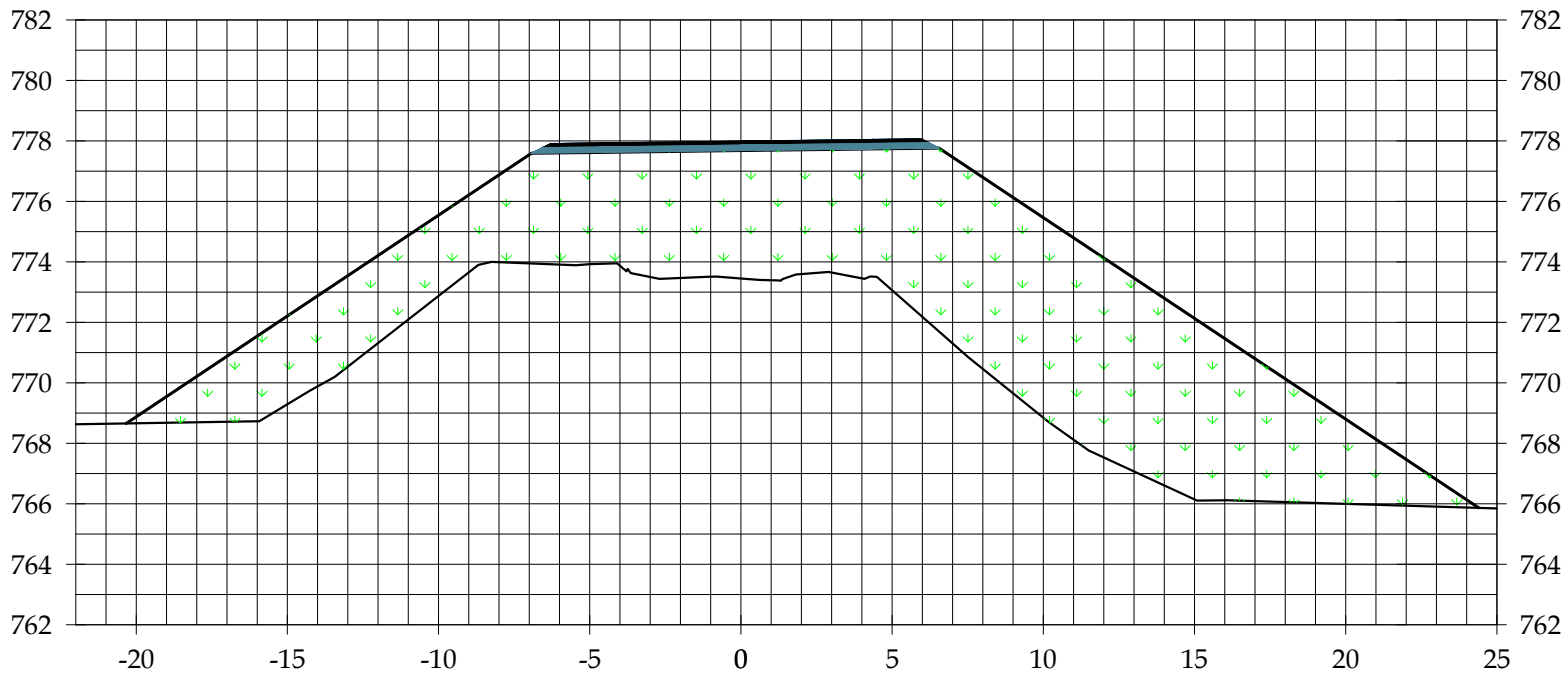
46

1+660.000

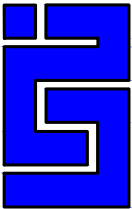


1+660.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	243.70
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	4106.11
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47800.56
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	40323.50
VOLUMEN NETO (m3)	7477.06

1+640.000

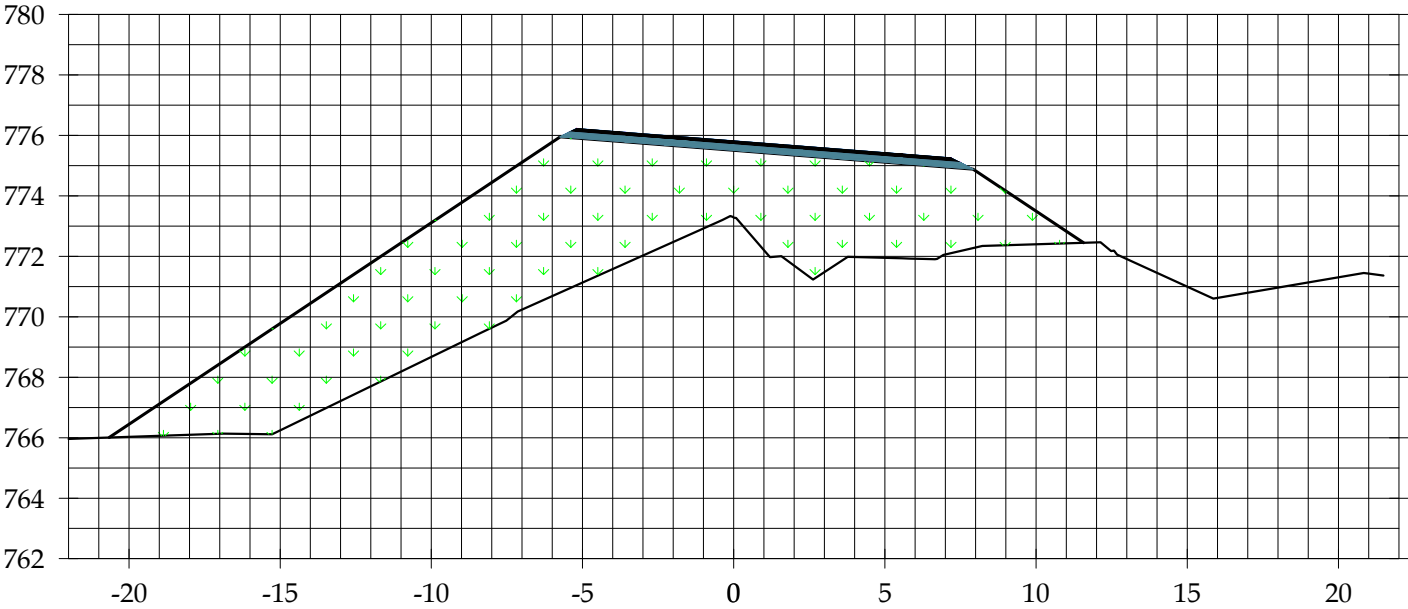


1+640.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	171.34
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	2309.88
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47800.56
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	36217.38
VOLUMEN NETO (m3)	11583.17



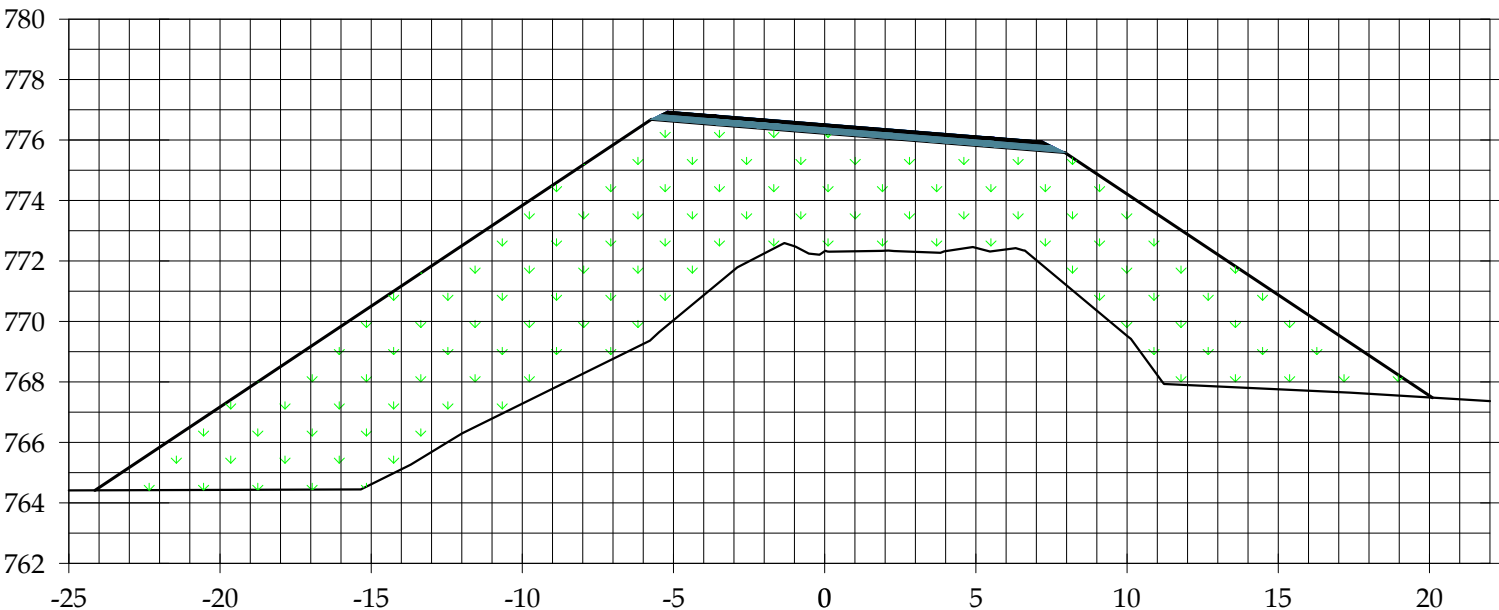
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).	LAMINA		
	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 1+640.00 - 1+660.00	DISEÑO Y DIBUJO: BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ	ESCALA: 1:250
		REVISO: ING. JUAN CARLOS MENDOZA	FECHA: MARZO 2020
		No.: 38 DE: 46	

1+700.000

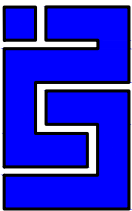


1+700.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	101.46
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	3009.12
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47800.56
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	47662.76
VOLUMEN NETO (m3)	137.80

1+680.000



1+680.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	185.58
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	4330.14
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47800.56
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	44653.64
VOLUMEN NETO (m3)	3146.92



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+680.00 - 1+700.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

39

DE:

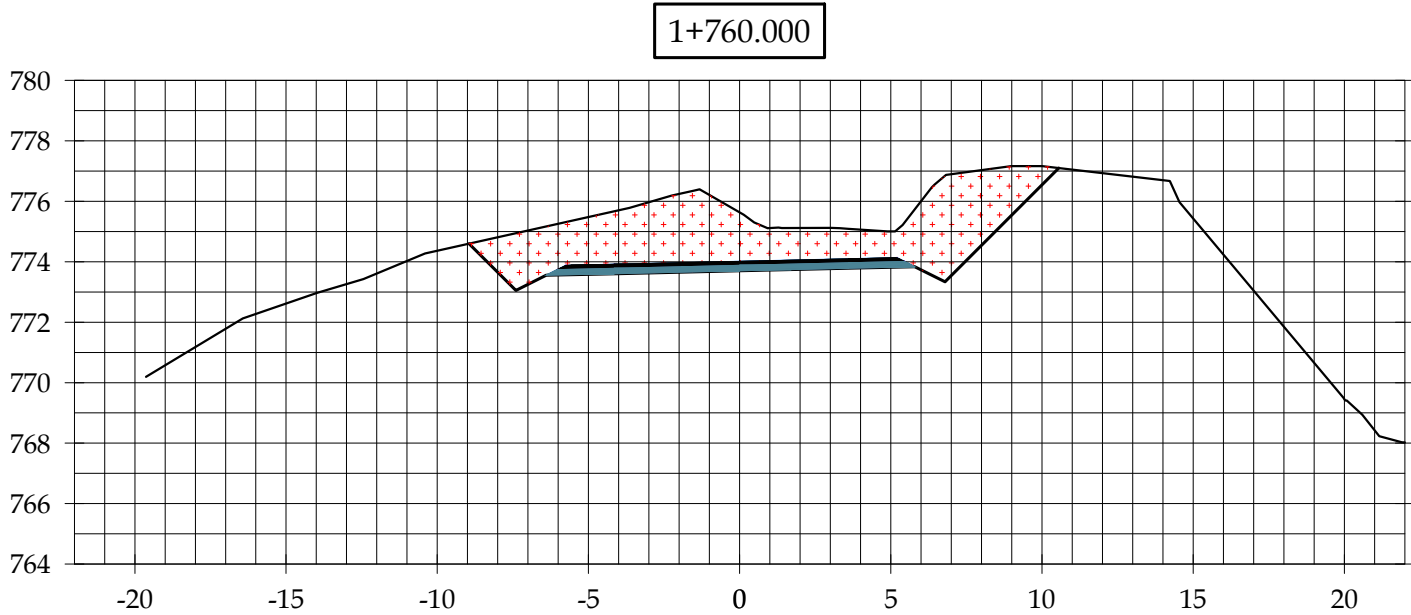
46

ESCALA:

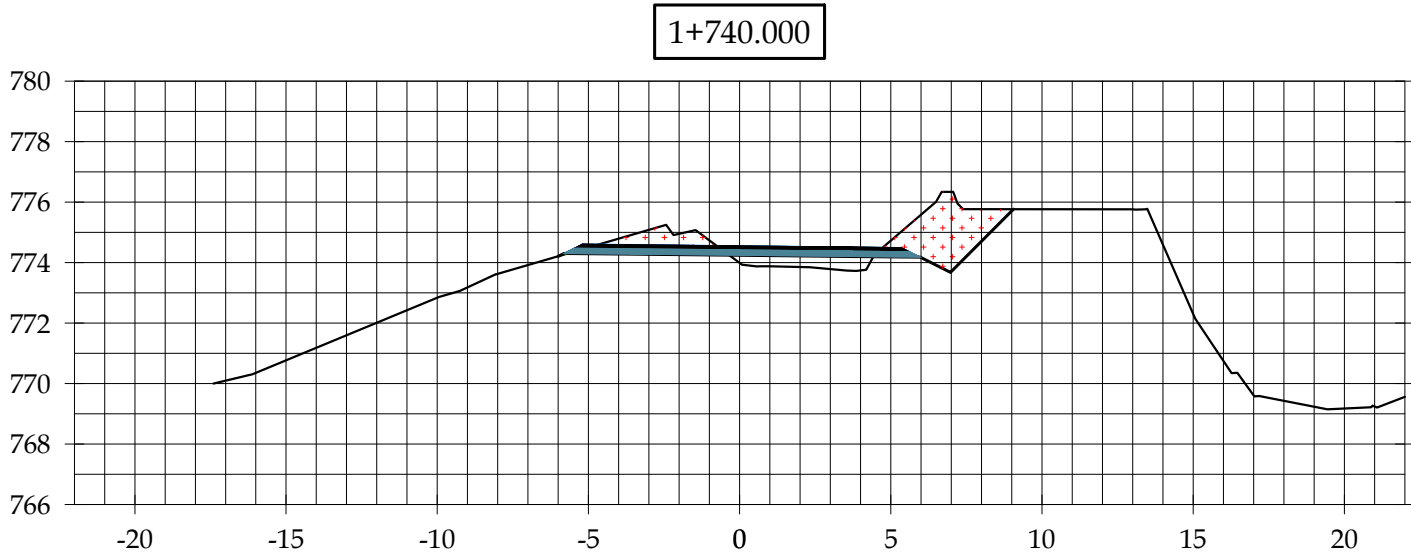
1:250

FECHA:

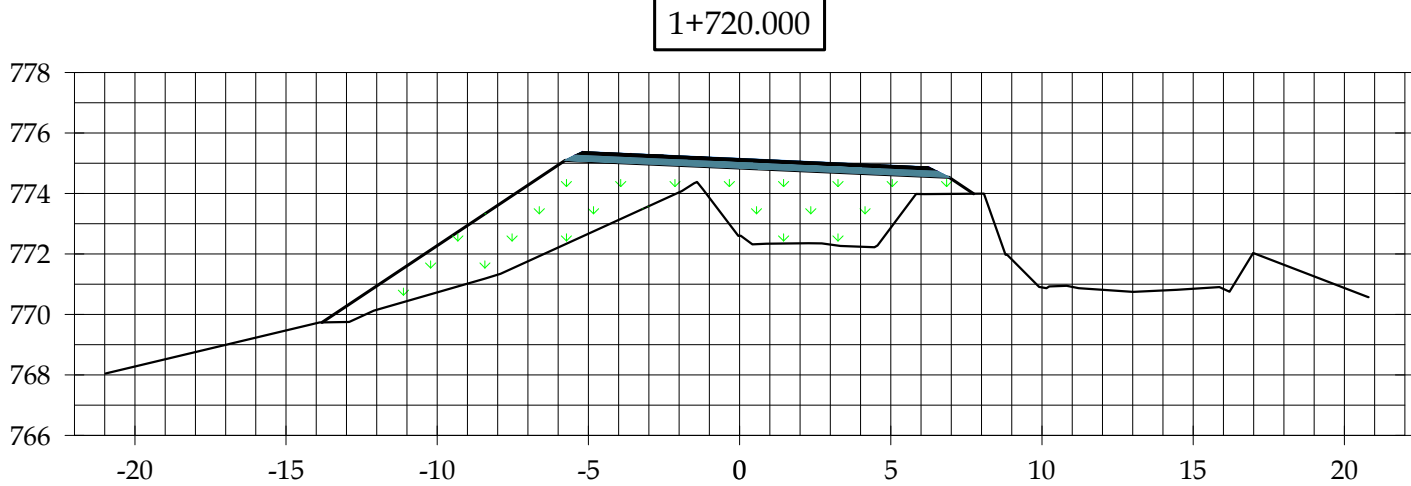
MARZO 2020



1+760.00	
AREA DE CORTE (m2)	35.00
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	432.86
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	17.28
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	48316.25
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	49480.29
VOLUMEN NETO (m3)	-1164.04



1+740.00	
AREA DE CORTE (m2)	8.28
AREA DE RELLENO (m2)	1.73
VOLUMEN DE CORTE (m3)	82.84
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	375.49
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47883.39
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	49463.01
VOLUMEN NETO (m3)	-1579.62



1+720.00	
AREA DE CORTE (m2)	0.00
AREA DE RELLENO (m2)	35.82
VOLUMEN DE CORTE (m3)	0.00
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	1424.76
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	47800.56
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	49087.52
VOLUMEN NETO (m3)	-1286.97

PROYECTO:

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+720.00 - 1+760.00

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

ESCALA:

1:250

FECHA:

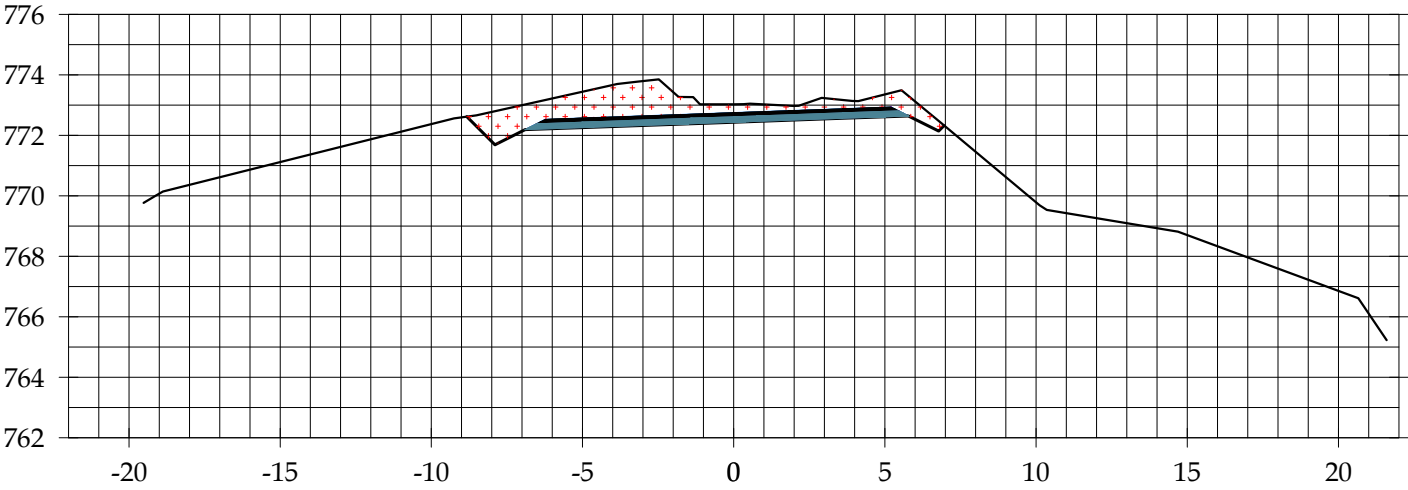
MARZO 2020

LAMINA

No.: 40

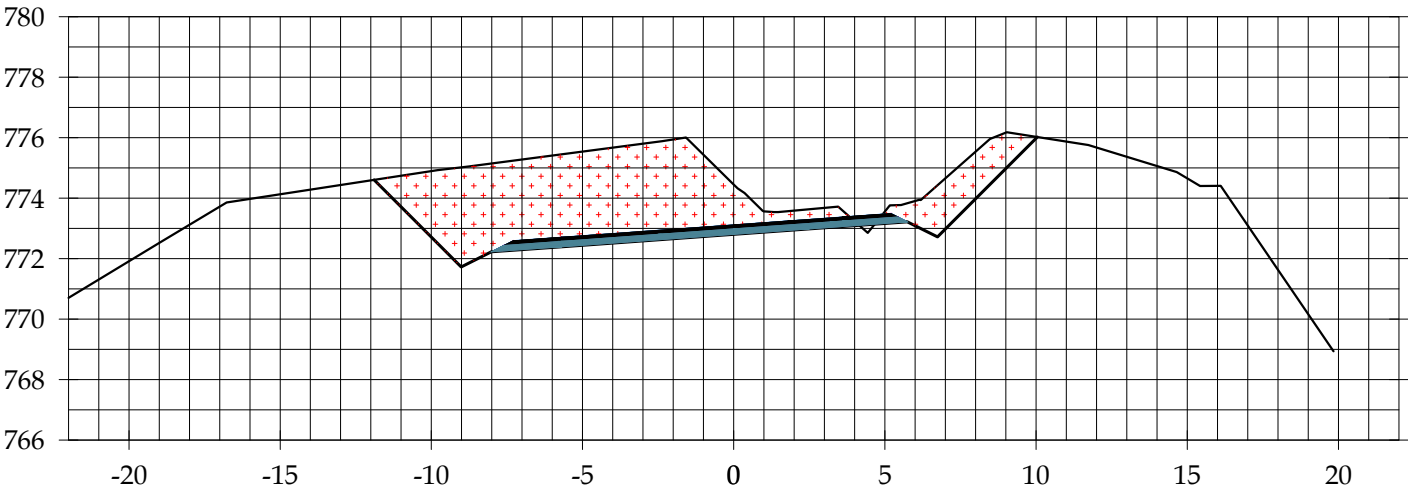
DE: 46

1+820.000



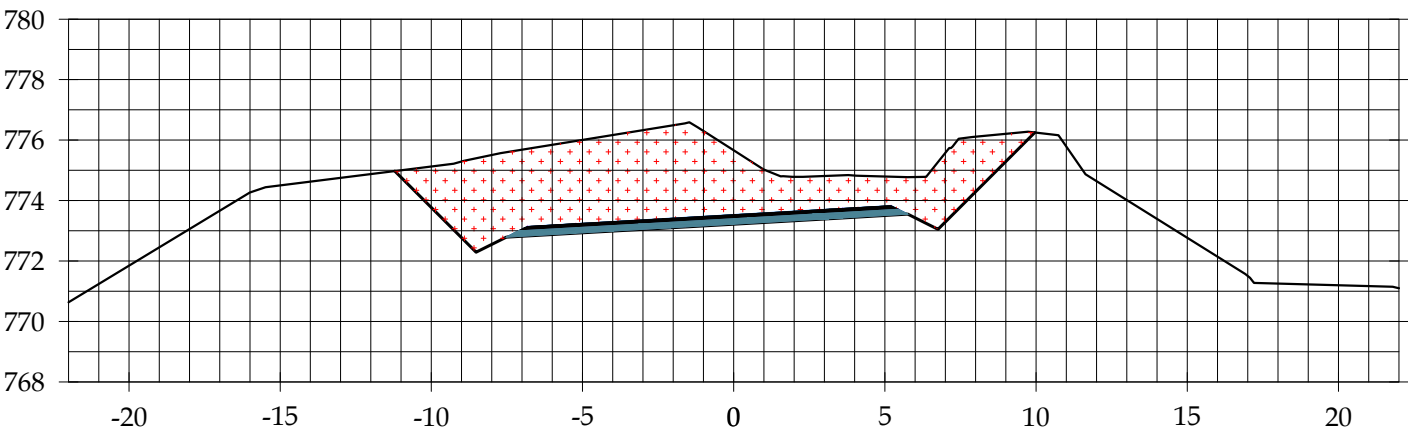
1+820.00	
AREA DE CORTE (m2)	13.00
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	524.99
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.71
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	50472.96
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	49481.73
VOLUMEN NETO (m3)	991.22

1+800.000

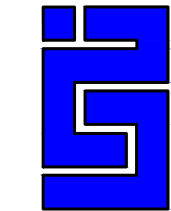


1+800.00	
AREA DE CORTE (m2)	40.52
AREA DE RELLENO (m2)	0.07
VOLUMEN DE CORTE (m3)	829.80
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.73
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	49947.97
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	49481.02
VOLUMEN NETO (m3)	466.95

1+780.000



1+780.00	
AREA DE CORTE (m2)	45.19
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	801.92
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	49118.17
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	49480.29
VOLUMEN NETO (m3)	-362.12



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+780.00 - 1+820.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

41

DE:

46

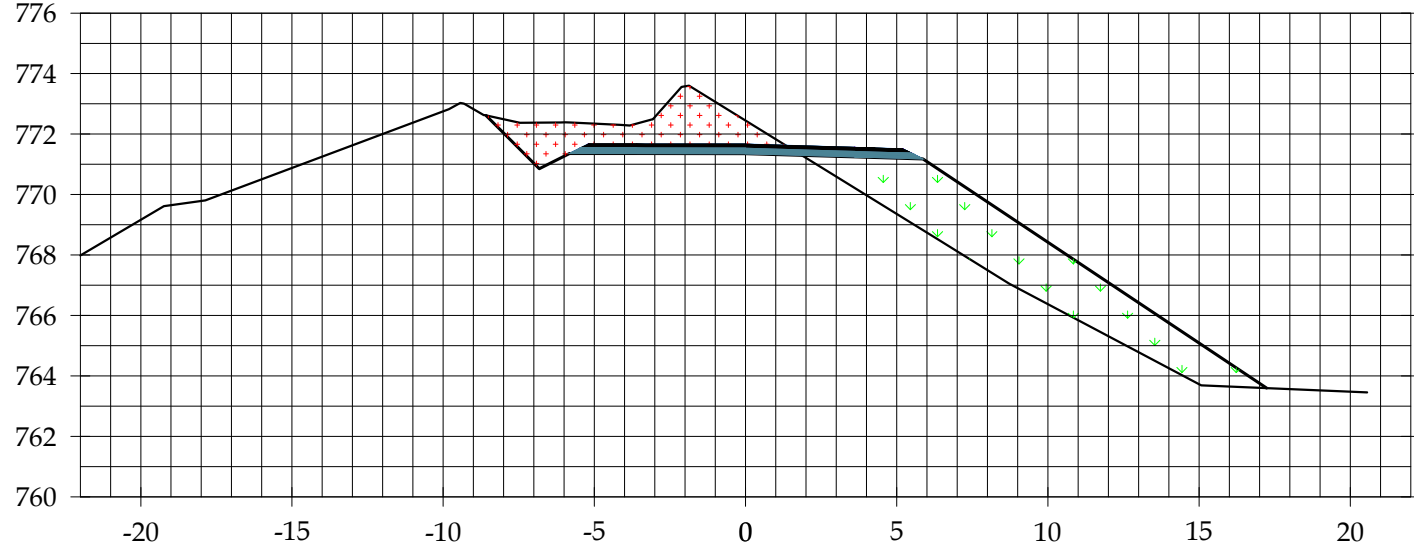
ESCALA:

1:250

FECHA:

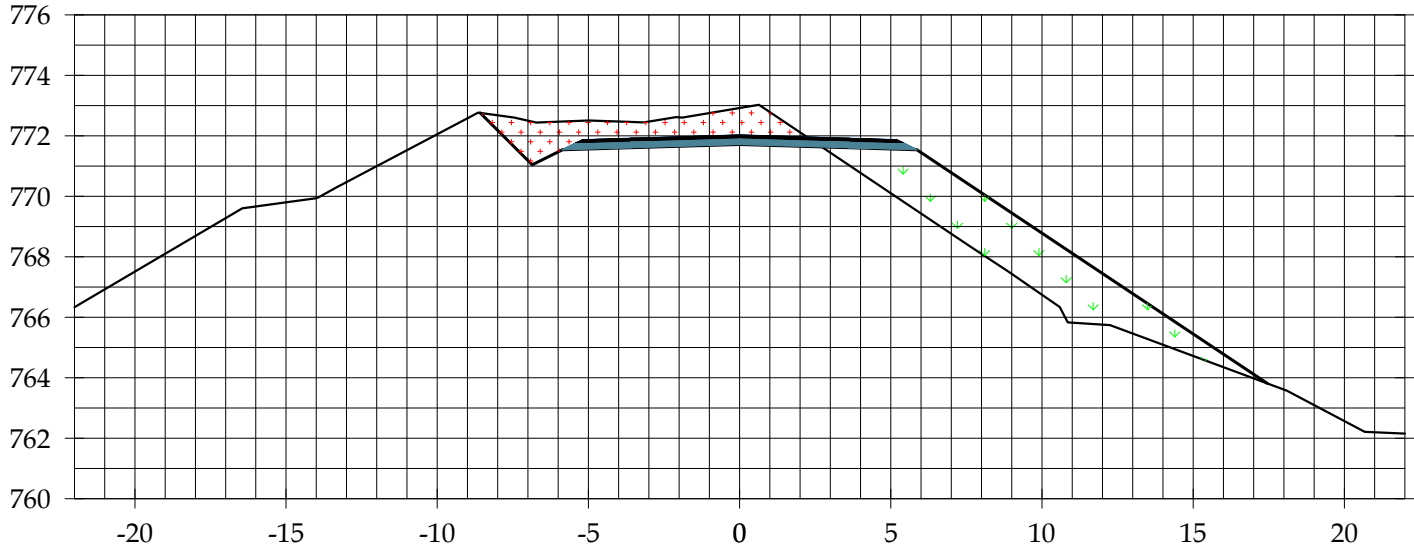
MARZO 2020

1+880.000



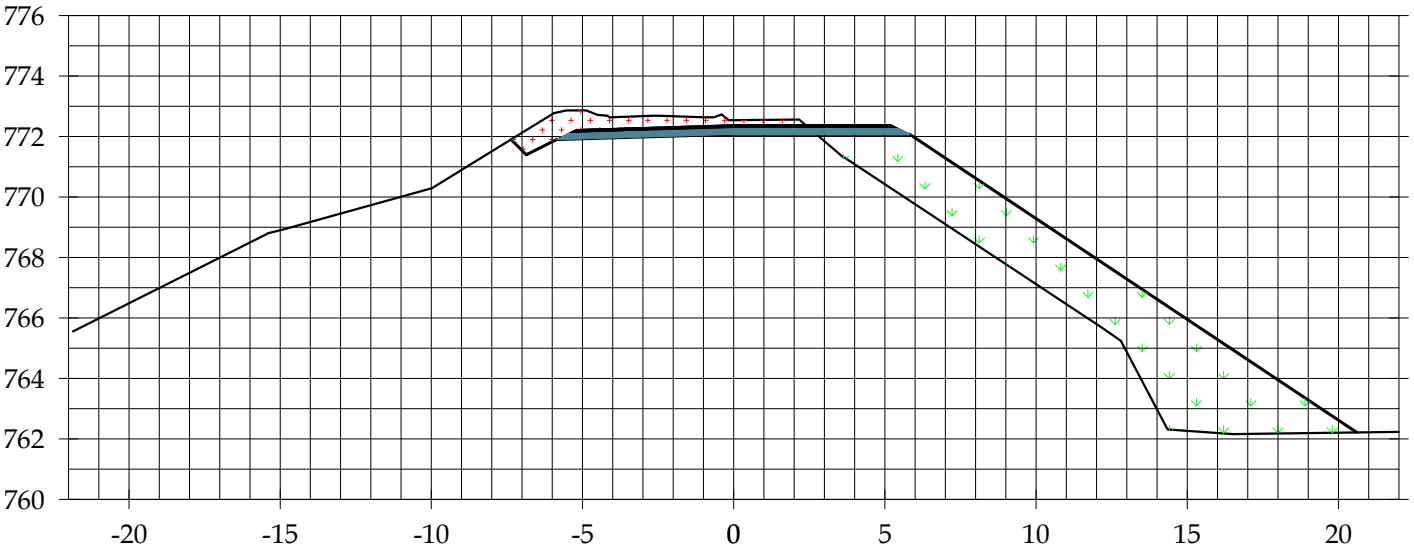
1+880.00	
AREA DE CORTE (m2)	11.55
AREA DE RELLENO (m2)	24.04
VOLUMEN DE CORTE (m3)	217.74
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	440.97
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	51051.30
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	50856.99
VOLUMEN NETO (m3)	194.31

1+860.000



1+860.00	
AREA DE CORTE (m2)	10.22
AREA DE RELLENO (m2)	20.05
VOLUMEN DE CORTE (m3)	166.38
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	567.41
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	50833.56
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	50416.02
VOLUMEN NETO (m3)	417.54

1+840.000



1+840.00	
AREA DE CORTE (m2)	6.42
AREA DE RELLENO (m2)	36.69
VOLUMEN DE CORTE (m3)	194.23
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	366.88
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	50667.18
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	49848.61
VOLUMEN NETO (m3)	818.57

PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+840.00 - 1+880.00

LAMINA

DISEÑO Y DIBUJO:

BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

ESCALA:

1:250

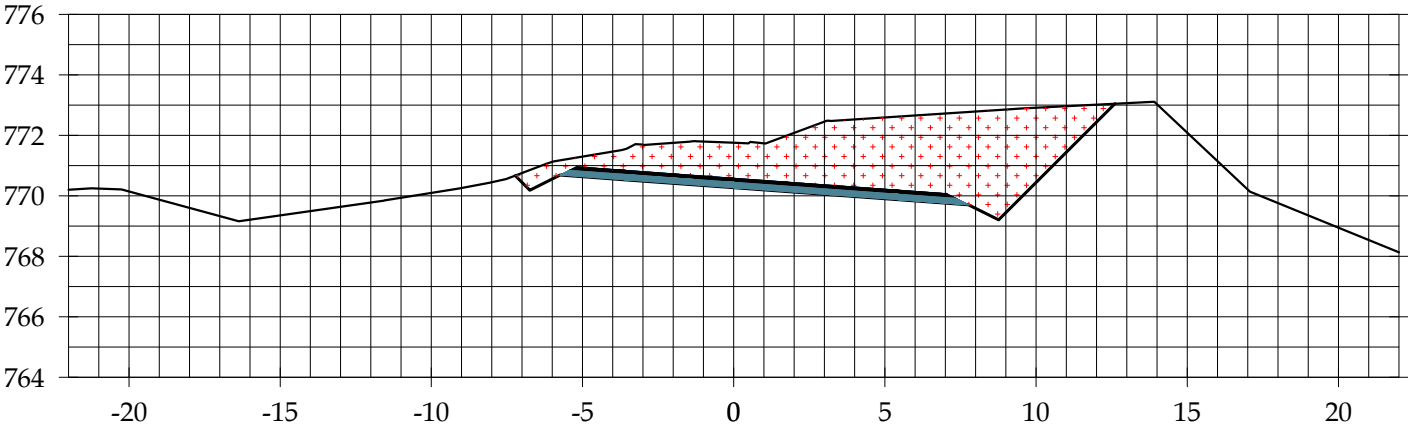
FECHA:

MARZO 2020

No.: 42

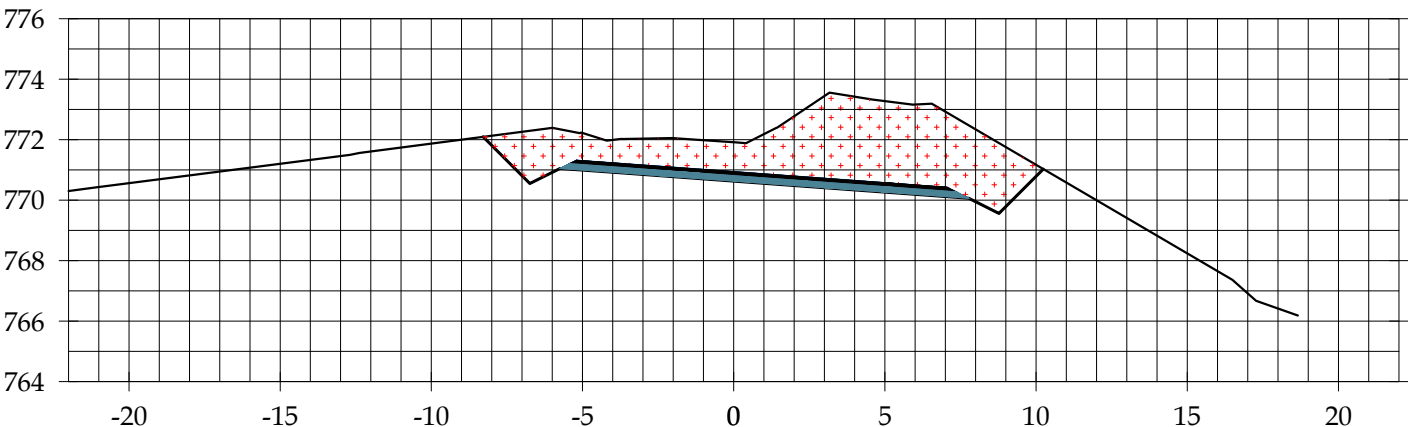
DE: 46

1+940.000



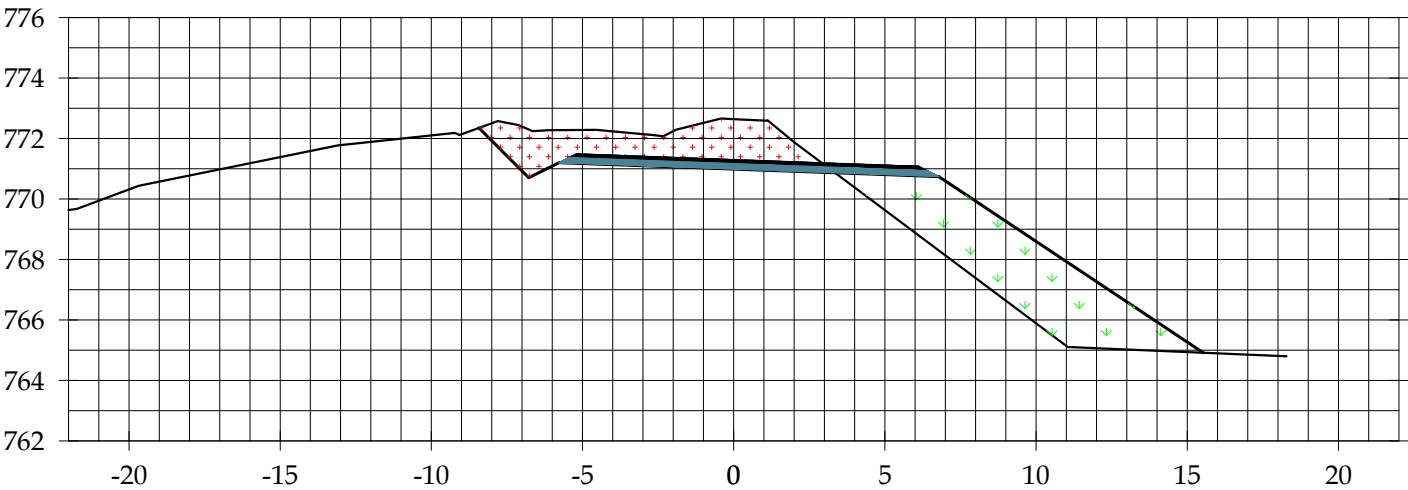
1+940.00	
AREA DE CORTE (m2)	36.04
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	670.96
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	52445.47
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51516.98
VOLUMEN NETO (m3)	928.49

1+920.000

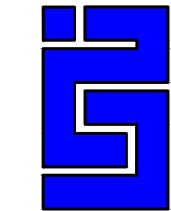


1+920.00	
AREA DE CORTE (m2)	34.05
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	472.49
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	202.94
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	51774.51
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51516.98
VOLUMEN NETO (m3)	257.53

1+900.000



1+900.00	
AREA DE CORTE (m2)	13.52
AREA DE RELLENO (m2)	21.66
VOLUMEN DE CORTE (m3)	250.72
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	457.05
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	51302.02
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51314.04
VOLUMEN NETO (m3)	-12.02



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+900.00 - 1+940.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

43

DE:

46

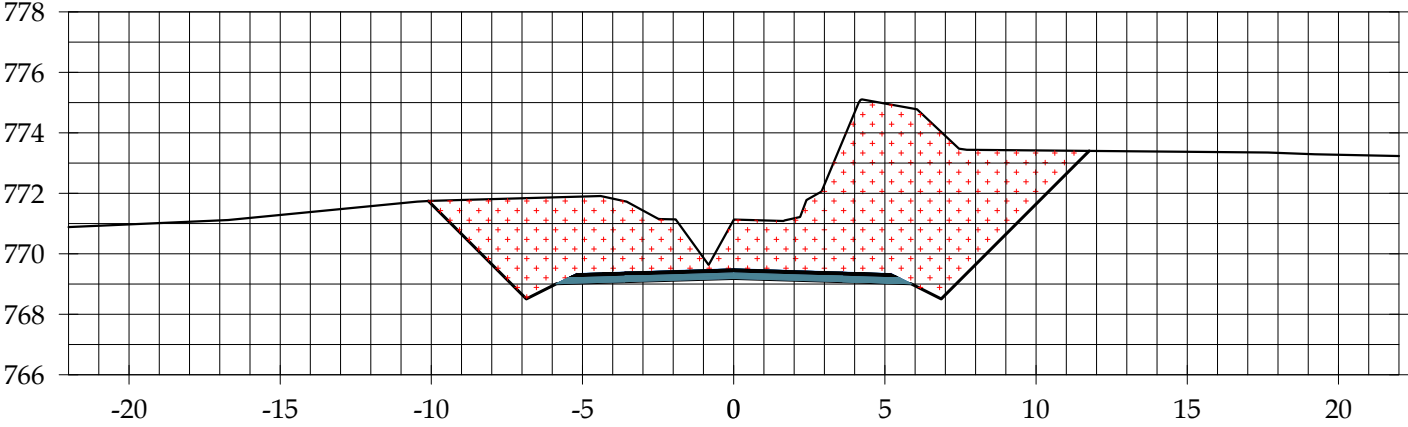
ESCALA:

1:250

FECHA:

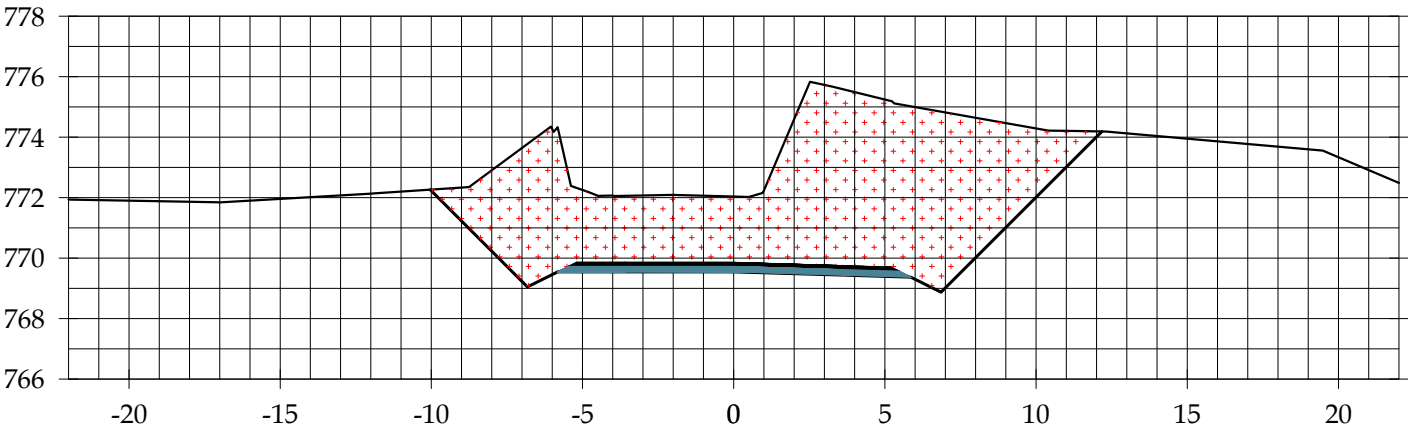
MARZO 2020

2+000.000



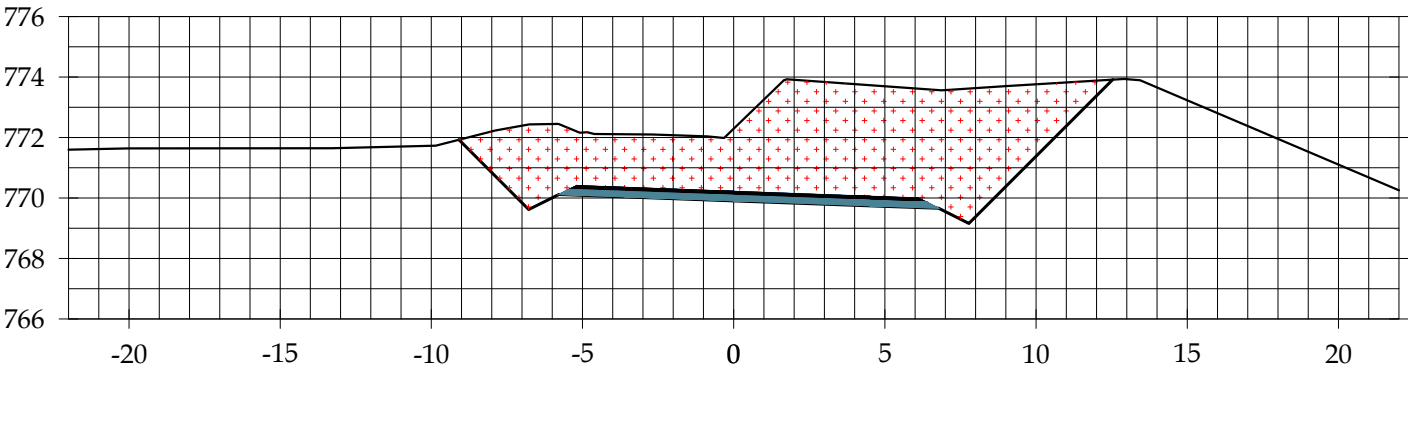
2+000.00	
AREA DE CORTE (m2)	60.95
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1386.12
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	56120.89
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51516.98
VOLUMEN NETO (m3)	4603.91

1+980.000

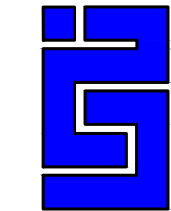


1+980.00	
AREA DE CORTE (m2)	77.67
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1362.83
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	54734.77
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51516.98
VOLUMEN NETO (m3)	3217.79

1+960.000



1+960.00	
AREA DE CORTE (m2)	58.62
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	926.48
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	53371.94
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51516.98
VOLUMEN NETO (m3)	1854.96



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
1+960.00 - 2+000.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

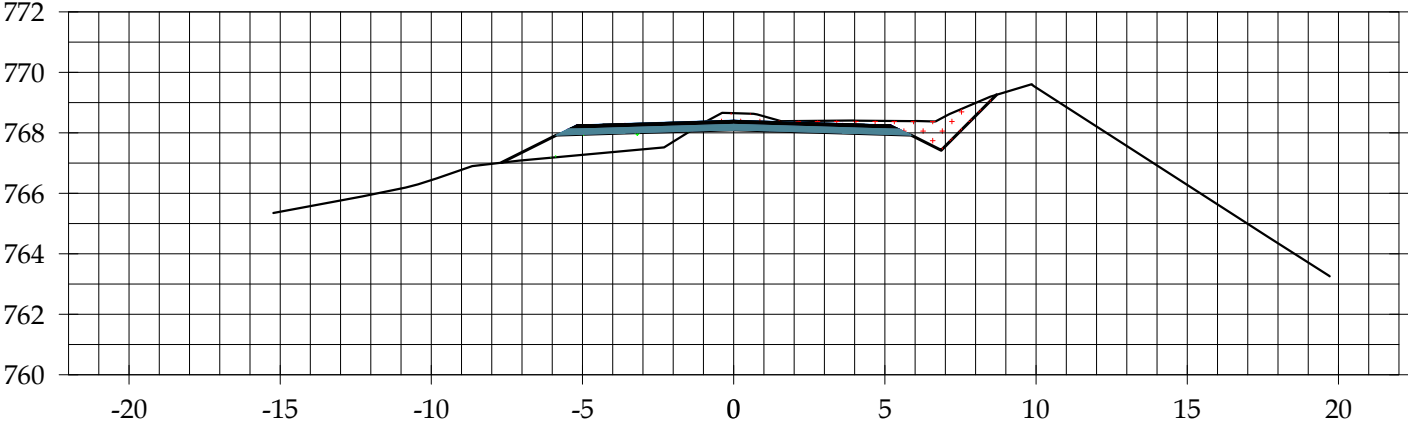
No.:

44

DE:

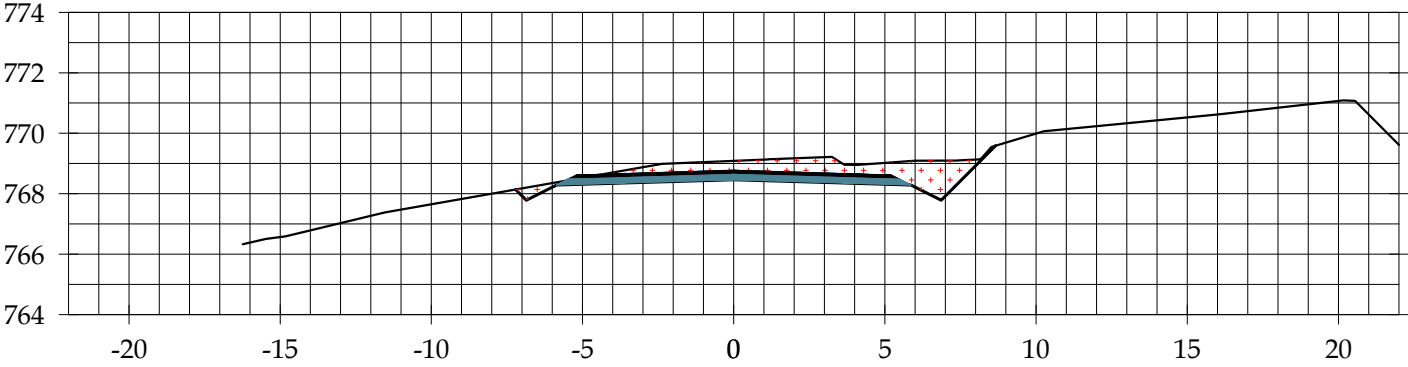
46

2+060.000



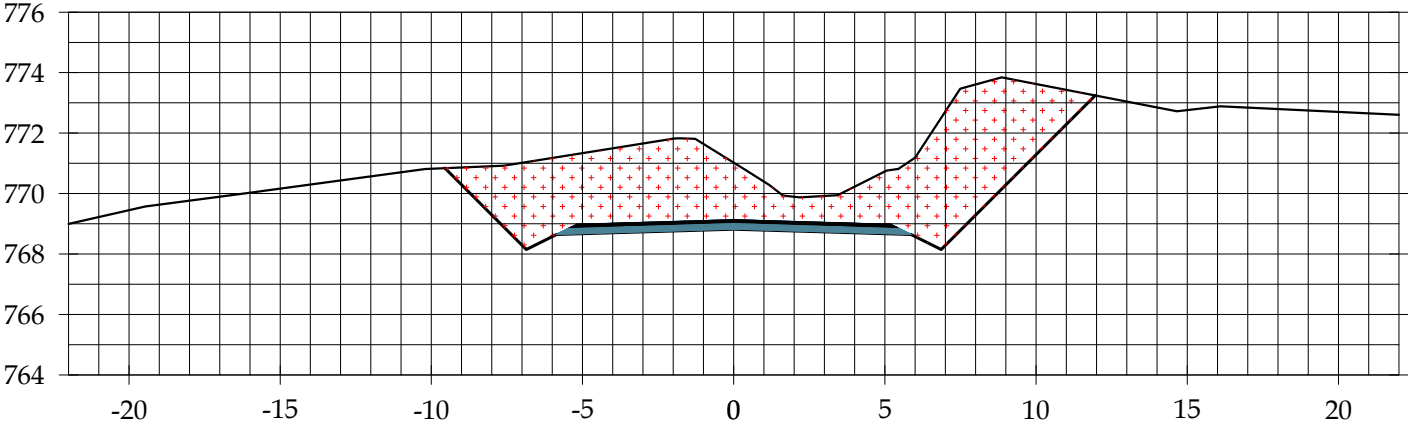
2+060.00	
AREA DE CORTE (m2)	4.76
AREA DE RELLENO (m2)	3.09
VOLUMEN DE CORTE (m3)	139.09
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	30.88
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	57958.72
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51547.85
VOLUMEN NETO (m3)	6410.86

2+040.000

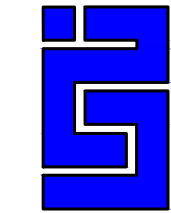


2+040.00	
AREA DE CORTE (m2)	9.15
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	590.40
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	57819.63
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51516.98
VOLUMEN NETO (m3)	6302.65

2+020.000



2+020.00	
AREA DE CORTE (m2)	49.89
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	1108.34
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	0.00
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	57229.23
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51516.98
VOLUMEN NETO (m3)	5712.25



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
2+020.00 - 2+060.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

45

DE:

46

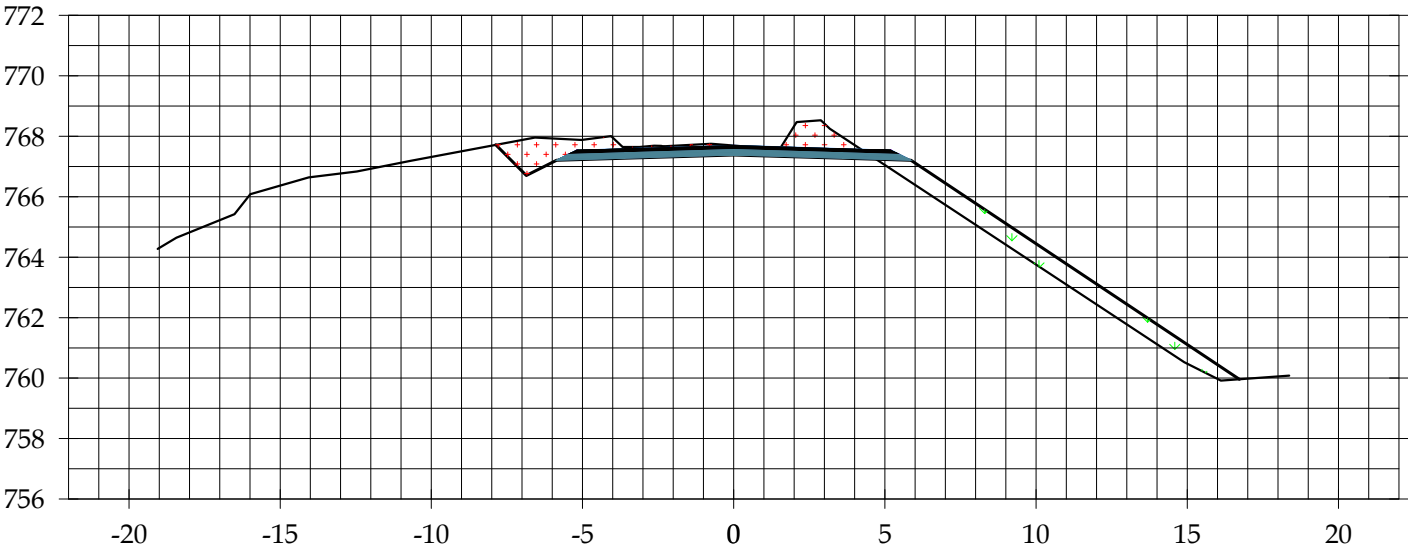
ESCALA:

1:250

FECHA:

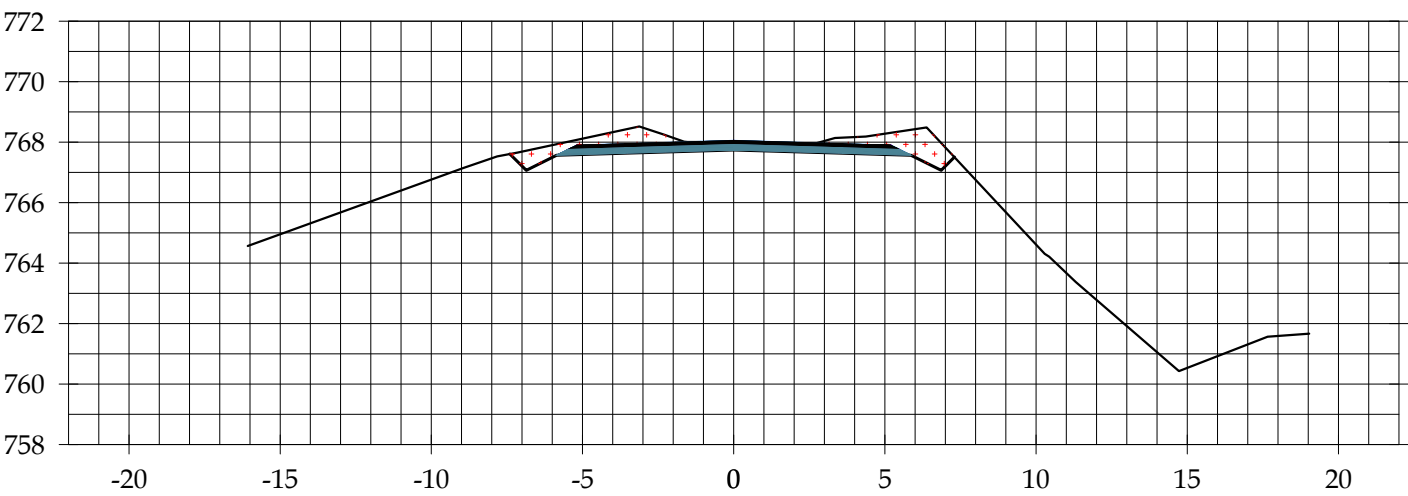
MARZO 2020

2+100.000

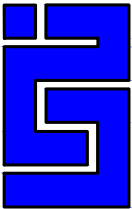


2+100.00	
AREA DE CORTE (m2)	7.23
AREA DE RELLENO (m2)	7.43
VOLUMEN DE CORTE (m3)	147.34
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	74.28
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	58228.67
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51653.02
VOLUMEN NETO (m3)	6575.66

2+080.000



2+080.00	
AREA DE CORTE (m2)	7.50
AREA DE RELLENO (m2)	0.00
VOLUMEN DE CORTE (m3)	122.61
VOLUMEN DE RELLENO (m3)	30.88
VOL. ACUM. DE CORTE (m3)	58081.33
VOL. ACUM. DE RELLENO (m3)	51578.73
VOLUMEN NETO (m3)	6502.60



PROYECTO:

DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIEMNTO FLEXIBLE DEL CAMINO EL BOQUETE - SANTA ANA (2.10 KM).

CONTENIDO:

SECCIONES TRANSVERSALES
2+080.00 - 2+100.00

DISEÑO Y DIBUJO:
BR. JENNIFER DE LOS ANGELES CASTILLO GUEVARA
BR. MARTHA JOSELING GAITAN GALLEGOS
BR. MARIA FERNANDA RODRIGUEZ SANCHEZ

REVISO:

ING. JUAN CARLOS MENDOZA

LAMINA

No.:

46

DE:

46

1:250

ESCALA:

FECHA:

MARZO 2020